

UNIVERSIDADE DE LISBOA
FACULDADE DE MEDICINA DENTÁRIA



**ESTABILIDADE CROMÁTICA DAS RESINAS COMPOSTAS APÓS A
POLIMERIZAÇÃO**

Ana Rita Alves Torres

Dissertação

Mestrado Integrado em Medicina Dentária

2013

UNIVERSIDADE DE LISBOA
FACULDADE DE MEDICINA DENTÁRIA



**ESTABILIDADE CROMÁTICA DAS RESINAS COMPOSTAS APÓS A
POLIMERIZAÇÃO**

Ana Rita Alves Torres

Dissertação orientada

Pelo Dr. Bernardo Romão de Sousa

Mestrado Integrado em Medicina Dentária

2013

AGRADECIMENTOS

Ao Dr. Bernardo Romão de Sousa, pela orientação, dedicação e ensinamentos proporcionados, não só no processo de desenvolvimento desta dissertação como igualmente no processo de formação profissional.

Ao Professor Doutor Alexandre Cavalheiro, pela imprescindível colaboração na elaboração desta dissertação.

Ao Professor Doutor António Mata e colaboradores do laboratório da Gibbo, e ao Professor Doutor Jaime Portugal, pela ajuda e cedência dos equipamentos necessários à realização do protocolo laboratorial desta dissertação.

Aos meus pais, pelo apoio incansável, lições e possibilidades que me proporcionaram a realização deste sonho.

À Cláudia Duarte e ao Fábio Rosa, pela presença e ajuda constante e incansável, e companheirismo durante esta etapa.

À Joana Esteves, dupla e amiga, agradeço a amizade, apoio diário e rituais que guardarei e estimarei em toda a minha vida adulta.

Aos meus restantes amigos de Faculdade, que ao longo desta jornada sempre estiveram ao meu lado, criando e partilhando momentos inesquecíveis, que me moldaram e me tornaram uma melhor pessoa.

A todos os meus outros amigos, pelos anos de constante força, palavras de ânimo, alegrias, memórias e sincera amizade.

RESUMO:

Objetivo: Investigar a estabilidade cromática de 7 resinas compostas, nas cores A1, A2 e A3, antes e após a polimerização, e se a variação cromática é dependente do tipo de resina e cor utilizada.

Materiais e métodos: Foram preparados 5 discos de resina composta com 8 mm de diâmetro e 2 mm de espessura, em 3 cores diferentes (A1,A2,A3) a partir de 7 marcas comerciais: 3 resinas microhíbridas (Aelite All-Purpose Body, *Bisco*; Herculite HRV, *Kerr*; Point 4, *Kerr*), 3 resinas nanohíbridas (Enamel HRI, *Miscerium*; GrandiOso, *Voco*; Premise, *Kerr*) e 1 resina nanoparticulada (Filtek Supreme XT, *3M ESPE*). As medições da cor foram realizadas com um espectrofotômetro de contacto (VITA EasyShade), de acordo com o sistema CIE L*a*b. As medições foram realizadas antes e imediatamente após a polimerização, permitindo calcular a variação de cor (ΔE). Valores $\Delta E \geq 3,7$ foram considerados como clinicamente inaceitáveis. Os resultados obtidos foram analisados usando a análise de variância fatorial (ANOVA) e testes post-hoc Scheffe e Bonferroni. Um nível de significância de 0,01 foi utilizado em todos os testes.

Resultados: De acordo com os tipos de resina, a amplitude de valores de ΔE após a polimerização foi de 2,28 – 15,01 para as resinas microhíbridas, 0,00 – 15,82 para as resinas nanohíbridas e 5,68 – 10,71 para as resinas nanoparticuladas. De acordo com a cor utilizada, a amplitude de valores de ΔE foi de 0,00 – 15,82 para amostras A1, 3,80 – 15,01 para amostras A2 e 2,28 – 14,37 para amostras A3. A análise de variância fatorial (ANOVA) e testes post-hoc mostram existirem diferenças estatisticamente significativas de ΔE entre as resinas nanohíbridas e nanoparticuladas. Não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas de ΔE entre as cores A1,A2 e A3.

Conclusões: Todos os materiais utilizados exibiram alterações de cor clinicamente inaceitáveis ($\Delta E \geq 3,7$). As alterações de cor foram dependentes do material mas não da cor utilizada.

Palavras-chave: Estabilidade cromática; Fotopolimerização; Resinas compostas; variação de cor

ABSTRACT

Objective: To investigate the color stability of 7 resin composites in colors A1, A2 and A3, before and after polymerization, and if the color change is dependent on the type of resin and color used.

Materials and methods: Five discs with 8 mm in diameter and 2 mm in thickness, in 3 different colors (A1, A2, A3) were prepared from 7 commercially available brands of resin composite: 3 microhybrid (Aelite All-Purpose Body, *Bisco*; Herculite HRV, *Kerr*; Point 4, *Kerr*); 3 nanohybrid (Enamel HRI, *Miscerium*; GrandiOso, *Voco*; Premise, *Kerr*) and 1 nanofilled (Filtek Supreme XT, *3M ESPE*). Color measurements were recorded with a contact spectrophotometer (VITA EasyShade) and expressed in terms of the CIE L*a*b scale. Color change was calculated between baseline and immediately after polymerization (ΔE). Values $\Delta E \geq 3,7$ were considered clinically unacceptable. The results were analyzed using a three-way analysis of variance (ANOVA) and Scheffe and Bonferroni's post-hoc tests. A significance level of 0,01 was used for all tests.

Results: According to the type of resins, ΔE values ranged from 2,28 – 15,01 for microhybrid resins, 0,00 – 15,82 for nanohybrid resins, and 5,68 – 10,71 for nanofilled resins. According to the color used, ΔE values ranged from 0,00 – 15,82 for A1 resins, 3,80 – 15,01 for A2 resins, and 2,28 – 14,37 for A3 resins. ANOVA and post-hoc tests showed significant differences (ΔE) between nanohybrid and nanofilled resins. No significant differences were found between colors A1, A2 and A3.

Conclusions: All the materials tested showed color changes clinically unacceptable ($\Delta E \geq 3,7$). Color changes were dependent on the material but not the color used.

Keywords: Color stability; Polymerization; Resin composites; Color change

ÍNDICE

Índice de figuras	ix
Índice de tabelas e gráficos	x
Abreviaturas	xii
1. Introdução teórica	1
1.1. Resinas compostas	1
1.1.1. Composição das resinas compostas	1
1.1.1.1. Componente orgânica ou matriz resinosa	1
1.1.1.2. Componente orgânica	1
1.1.1.3. Agente de união	2
1.1.2. Classificação das resinas compostas	2
1.1.2.1. Resinas compostas tradicionais	2
1.1.2.2. Resinas compostas microparticuladas	3
1.1.2.3. Resinas compostas híbridas	3
1.1.2.3.1. Resinas compostas microhíbridas	4
1.1.2.3.2. Resinas compostas nanohíbridas	4
1.1.2.4. Resinas compostas nanoparticuladas	4
1.2. Fotopolimerização	4
1.2.1. Sistema iniciador	4
1.2.2. Reação de polimerização e grau de conversão	5
1.2.3. Unidades de fotopolimerização	5
1.2.3.1. Lâmpadas de halogênio de quartzo-tungstênio	6
1.2.3.2. Lâmpadas LED	6
1.2.3.3. Lâmpadas de arco de plasma e laser de argon	6
1.3. Tendências atuais na Dentisteria Estética	7
1.4. Conceito e avaliação de cor	7
1.5. Fatores que influenciam a cor das restaurações estéticas	9
2. Objetivos do Estudo	12
3. Materiais e Métodos	13
3.1. Delineamento experimental	13
3.2. Materiais utilizados	13

3.3. Protocolo experimental	14
3.4. Medição da alteração cromática	15
3.5. Análise estatística	15
 4. Resultados	 16
4.1. Análise estatística descritiva	16
4.1.1. Grupos de acordo com o tipo de resina composta	16
4.1.2. Grupos de acordo com a cor de resina composta	16
4.2. Análise da variância fatorial (ANOVA)	17
4.2.1. Grupos de acordo com o tipo de resina composta	17
4.2.2. Grupos de acordo com a cor de resina composta	19
4.2.3. Resultados de acordo com os componentes cromáticos (L*;a*,b*)	20
 5. Discussão	 21
 6. Conclusão	 27
 7. Referências Bibliográficas	 28
 Anexo I	 xi
Figuras	
Anexo II	xvii
Gráficos e tabelas	

INDICE DE FIGURAS:

Fig. 1 – Compactação do espécime	14
Fig. I – Resinas compostas microhíbridas, e respectivas cores, utilizadas: (a) Aelite All-Purpose Body enamel; (b) Point 4 enamel; (c) Herculite HRV enamel	xiii
Fig II – Resinas compostas nanohíbridas, e respectivas cores, utilizadas: (a) Premise enamel; (b) Enamel Plus HRi dentine; (c) GrandiOso enamel	xiii
Fig III – Resina composta nanoparticuladas, e respectivas cores, utilizada – Filtek Supreme XT enamel	xiv
Fig. IV – Placas de vidro utilizadas para a compressão dos espécimes	xiv
Fig. V – Molde de teflon utilizado (8 mm diâmetro x 2 mm altura) e respetivo espécime obtido (8mm diâmetro x 2mm espessura)	xiv
Fig. VI – Radiómetro Demetron Model 100 Curing Radiometer (Kerr)	xv
Fig. VII – Fotopolimerizador de halogénio Astralis™ (Ivoclar Vivadent) ..	xv
Fig. VIII – Espectrofotómetro de contacto VITA Easyshade (Vident™)	Xv
Fig. IX – Calibração do: (a) Espectrofotómetro, ao fim de cada grupo experimental; (b) Fotopolimerizador, a cada 10 espécimes	xvi
Fig. X – Colocação da matriz de acetato sobre a placa de vidro	xvi
Fig. XI – Colocação do molde de teflon sobre a matriz de acetato	xvi
Fig. XII – Colocação da resina composta no molde, em monobloco	xvii
Fig. XIII – Colocação de outra matriz de acetato sobre a resina e molde	xvii
Fig. XIV – Compactação da amostra com outra placa de vidro	xvii
Fig. XV – Medição das coordenadas de cor com o espectrofotómetro, previamente à polimerização	xvii
Fig. XVI – Fotopolimerização do espécime	xvii
Fig. XVII – Medição com o espectrofotómetro, após a polimerização	xvii

ÍNDICE DE TABELAS E GRÁFICOS

Tabela 1 – Distribuição dos espécimes estudados consoante o tipo de resina composta	13
Tabela 2 - Distribuição dos valores de ΔE consoante o tipo de resina composta	16
Tabela 3 – Distribuição dos valores de ΔL consoante o tipo de resina composta	16
Tabela 4 – Distribuição dos valores de Δb consoante o tipo de resina composta	16
Tabela 5 – Distribuição dos valores de Δa consoante o tipo de resina composta	16
Tabela 6 – Distribuição dos valores de ΔE consoante a cor de resina composta	17
Tabela 7 – Distribuição dos valores de ΔL consoante a cor de resina composta	17
Tabela 8 – Distribuição dos valores de Δb consoante a cor de resina composta	17
Tabela 9 – Distribuição dos valores de Δa consoante a cor de resina composta	17
Tabela 10 - Valores de p para ΔE em função do tipo de resina composta	18
Tabela 11 - Valores de p para ΔL em função do tipo de resina composta	18
Tabela 12 - Valores de p para Δb em função do tipo de resina composta	18
Tabela 13 - Valores de p para Δa em função do tipo de resina composta	18
Tabela 14 - Valores de p para ΔE em função da cor de resina composta	19
Tabela 15 - Valores de p para ΔL em função da cor de resina composta	19
Tabela 16 - Valores de p para Δb em função da cor de resina composta	19
Tabela 17 - Valores de p para Δa em função da cor de resina composta	19
Tabela I – Composição dos materiais utilizados	xx
Tabela II – Análise ANOVA consoante o tipo de resina composta	xxi
Tabela III - Tabela de valores de ΔE em função do tipo de resina composta, após a análise estatística com SPSS 20.0	xxi
Tabela IV - Tabela de valores de ΔL em função do tipo de resina composta, após a análise estatística com SPSS 20.0	xxi
Tabela V - Tabela de valores de Δb em função do tipo de resina composta, após a análise estatística com SPSS 20.0	xxii
Tabela VI - Tabela de valores de Δa em função do tipo de resina composta, após a análise estatística com SPSS 20.0	xxii
Tabela VII – Análise ANOVA consoante a cor de resina composta	xxiii
Tabela VIII - Tabela de valores de ΔE em função da cor de resina composta, após a análise estatística com SPSS 20.0	xxiii

Tabela IX - Tabela de valores de ΔL em função da cor de resina composta, após a análise estatística com SPSS 20.0	xxiii
Tabela X - Tabela de valores de Δb em função da cor de resina composta, após a análise estatística com SPSS 20.0	xxiv
Tabela XI - Tabela de valores de Δa em função da cor de resina composta, após a análise estatística com SPSS 20.0	xxiv
Gráfico I – Distribuição Box-plot dos valores de ΔE consoante o tipo de resina composta	xxv
Gráfico II – Distribuição Box-plot dos valores de ΔL consoante o tipo de resina composta	xxv
Gráfico III – Distribuição Box-plot dos valores de Δb consoante o tipo de resina composta	xxvi
Gráfico IV – Distribuição Box-plot dos valores de Δa consoante o tipo de resina composta	xxvi
Gráfico V – Distribuição Box-plot dos valores de ΔE consoante a cor de resina composta	xxvii
Gráfico VI – Distribuição Box-plot dos valores de ΔL consoante a cor de resina composta	xxvii
Gráfico VII – Distribuição Box-plot dos valores de Δb consoante a cor de resina composta	xxviii
Gráfico VIII – Distribuição Box-plot dos valores de Δa consoante a cor de resina composta	xxviii

ABREVIATURAS

%	Porcentagem
µm	Micrómetro
®	marca registrada
Δ	variação
ΔE	variação de cor
BDDMA	1,4-butanediol dimetacrilato
Bis-EMA	Bisfenol 2-hidroxietil metacrilato
Bis-GMA	Bisfenol-A-glicidilmetacrilato
CIE	Commission International de l'Eclairage
cm	Centímetro
DMAEM	Dimetiletilaminoetil metacrilato
EGDMA	Etilenoglicol dimetacrilato
<i>et al.</i>	<i>et. alii</i>
HEMA	2-hidroxietil metacrilato
Irgacure 819	Óxido de bisacilfosfina
LED	Light-emiting diode
Licirim TPO	Óxido de monoacilfosfina
mm	Milímetro
n°	Número
nm	Nanómetro
p	p-value
PPD	1-fenil-1,2-propanodiona
segs	segundos
SiO ₂	Sílica
SPSS	Statistical Package for Social Sciences
TEGDMA	Trietilenoglicol dimetacrilato
UDMA	Uretano dimetacrilato
UV	ultravioleta
mW/cm ²	miliwatts por centímetro quadrado

1. INTRODUÇÃO TEÓRICA

1.1. Resinas compostas

A introdução das resinas compostas na Dentisteria Restauradora é um dos maiores avanços verificados nesta área, possibilitando inúmeras vantagens (Fortin and Vargas, 2000). As resinas compostas representam um dos materiais mais bem-sucedidos pelo facto de substituírem os tecidos biológicos, tanto em aparência como em função (Cramer, Stansbury *et al.*, 2011).

1.1.1. Composição das resinas compostas

1.1.1.1. Componente orgânica ou matriz resinosa

O principal monómero utilizado é o Bisfenol A – glicidilmetacrilato (Bis-GMA) desenvolvido em 1962 por Bowen, que por apresentar duplas ligações de carbono e dois grupos dimetacrilato, permite, perante a luz visível, a sua conversão em polímeros (Robert, 2002) e a criação de ligações cruzadas ao longo das cadeias poliméricas (*cross-linkage*) melhorando as propriedades mecânicas e físicas (Anusavice, 2005; Puckett, Fitchie *et al.*, 2007; Cramer, Stansbury *et al.*, 2011).

Diversas melhorias a esta formulação têm sido desenvolvidas, especialmente na redução da elevada viscosidade do Bis-GMA, através da adição de outros dimetacrilatos como o trietilenoglicol dimetacrilato (TEGDMA), etilenoglicol dimetacrilato (EGDMA) ou uretano dimetacrilato (UDMA). Desta forma, é permitida uma manipulação mais fácil (Anusavice, 2005), a maior incorporação de partículas de carga (Fortin and Vargas, 2000; García 2006; Puckett, Fitchie *et al.*, 2007; Ferracane, 2011) e uma maior formação de ligações cruzadas durante a polimerização, influenciando positivamente as propriedades mecânicas e físicas das resinas compostas (Puckett, Fitchie *et al.*, 2007).

Fazem ainda parte da matriz orgânica: um sistema iniciador da polimerização, constituído pela canforoquinona e a amina terciária no caso das resinas fotopolimerizáveis; um sistema iniciador como o dimetiletilaminoetil metacrilato (DMAEM); um inibidor como a hidroquinona; um composto que absorva luz ultravioleta (UV) abaixo dos 350 nm de modo a minimizar as possíveis descolorações a médio/longo prazo; e pigmentos (Robert, 2002; Anusavice, 2005; García, 2006).

1.1.1.2. Componente inorgânica

É constituída pelas partículas de carga como a sílica, principal constituinte e com dimensões entre os 0,1 e os 100 μm , e o quartzo.

Estas possuem diversas funções como o aumento do módulo de elasticidade e resistência mecânica; redução da contração da polimerização, do coeficiente de expansão térmica e da adsorção de água (Fortin and Vargas, 2000; Anusavice, 2005; García, 2006; Cramer, Stansbury *et al.*, 2011; Ferracane, 2011); melhor manipulação e radiopacidade (Fortin and Vargas, 2000; García, 2006).

De facto, a maior desvantagem das resinas compostas é a contração de polimerização, ou seja, a contração da mesma após a reação de polimerização, o que pode resultar, por um lado, na criação de stress na interface adesiva entre a restauração e estrutura dentária, culminando frequentemente na falha desta união e infiltração marginal (Fortin and Vargas, 2000; Giachetti, Scaminaci Russo *et al.*, 2006) ou então na transmissão de stress à estrutura dentária adjacente, causando deformação, deflexão cuspídea ou fratura do esmalte (Giachetti, Scaminaci Russo *et al.*, 2006).

Até recentemente, as alterações mais significativas têm sido realizadas ao nível das partículas de carga, cujo tamanho tem sido reduzido, diminuindo então a contração de polimerização e produzindo materiais com um polimento mais eficaz e fácil e com superior resistência (Fortin and Vargas, 2000; Anusavice, 2005; García, 2006; Giachetti, Scaminaci Russo *et al.*, 2006; Puckett, Fitchie *et al.*, 2007; Cramer, Stansbury *et al.*, 2011; Ferracane, 2011).

1.1.1.3. Agente de união

Este é responsável pela união entre as partículas de carga e os monómeros da resina. A união entre as partículas de carga e matriz permite que a matriz polimérica mais flexível transfira as tensões para as partículas de carga de maior módulo de elasticidade, impedindo a penetração da água na interface carga-resina (Anusavice, 2005).

1.1.2. Classificação das resinas compostas

Apesar de existirem diversas classificações, as resinas compostas são habitualmente classificadas de acordo com o tamanho das partículas de carga e a sua distribuição por tamanho (Anusavice, 2005; Garcia, 2006; Puckett, Fitchie *et al.*, 2007; Zimmerli *et al.*, 2010; Ferracane, 2011). Podem ser assim classificadas em:

1.1.2.1. Resinas compostas tradicionais

Anteriormente designadas por convencionais ou macroparticuladas, estas apresentam partículas de carga com tamanho superior a 1µm, o que as torna bastante resistentes mas muito difíceis de polir e de se conseguir uma superfície lisa. São assim mais suscetíveis à descoloração a longo prazo, especialmente pela retenção de pigmentos (Anusavice, 2005; Puckett, Fitchie *et al.*, 2007).

1.1.2.2. Resinas compostas microparticuladas

Eram inicialmente constituídas apenas por partículas de sílica entre os 0,04 - 0,4 µm, o que conferia excelentes propriedades de polimento e estética, mas limitava a quantidade de partículas de carga que poderiam ser adicionadas. Com a adição de partículas pré-polimerizadas à formulação, maximizou-se o conteúdo em partículas de carga, minimizando a contração de polimerização. Simultaneamente, propriedades como a elevada capacidade de polimento e de conservar uma superfície lisa durante um período de tempo mantiveram-se (Fortin and Vargas, 2000; Mitra *et al.*, 2003; Anusavice, 2005; Puckett, Fitchie *et al.*, 2007; Illie & Hickel, 2009).

São indicadas para restaurações classes V, pequenas classes I e classes III com baixas forças de stress (Mitra *et al.*, 2003; Anusavice, 2005; Puckett *et al.*, 2007; Illie & Hickel, 2011). No entanto, devido à sua fraca resistência à fratura e potencial para desenvolver falha marginal, são contraindicadas em restaurações posteriores, como classes II e I (Anusavice, 2005; Puckett, Fitchie *et al.*, 2007).

1.1.2.3. Resinas compostas híbridas

A maioria das resinas compostas utilizadas atualmente são categorizadas como resinas compostas híbridas, abrangendo as resinas híbridas tradicionais, as microhíbridas e as nanohíbridas (Puckett, Fitchie *et al.*, 2007). O termo *híbrido* implica que uma resina contenha simultaneamente partículas inorgânicas de sílica coloidal submicrométrica, com cerca de 0,04 µm, e partículas de vidro entre 1-4 µm (Anusavice, 2005; García, 2006; Puckett, Fitchie *et al.*, 2007). Esta combinação de vários tamanhos de partículas de carga permite boas propriedades mecânicas e níveis aceitáveis de polimento.

São o material de escolha em restaurações classes III e IV, com características estéticas competitivas com as das resinas microparticuladas (Anusavice, 2005), e classes I e II em dentes posteriores, devido à sua melhorada resistência mecânica e à fratura (Puckett, Fitchie *et al.*, 2007).

1.1.2.3.1. Resinas compostas microhíbridas

Apresentam uma mistura de partículas de sílica submicrométricas e partículas de vidro entre os 0,1 – 1 μm , o que favorece a sua manipulação e polimento (Anusavice, 2005; Puckett, Fitchie *et al.*, 2007). A combinação entre a resistência mecânica e a facilidade na obtenção de uma superfície lisa permitem a flexibilidade do clínico na sua utilização, podendo ser utilizadas tanto nas zonas posteriores, submetidas a cargas oclusais fortes, como também em zonas anteriores, idealmente estéticas (Anusavice, 2005; Puckett, Fitchie *et al.*, 2007). No entanto, o seu polimento permanece inferior ao oferecido pelas resinas microparticuladas (Puckett, Fitchie *et al.*, 2007).

1.1.2.3.2. Resinas compostas nanohíbridas

Com o aparecimento da nanotecnologia, é possível a incorporação de partículas de carga com dimensões entre os 0,005 – 0,1 μm . É criada assim uma resina realmente universal, com propriedades de polimento e manipulação comparáveis a uma resina microparticulada, mas cujas resistência mecânica e à fratura são comparáveis às resinas híbridas tradicionais. Desta forma, podem ser usadas em situações semelhantes às resinas microhíbridas, com possíveis melhores resultados em áreas estéticas (García, 2006; Puckett, Fitchie *et al.*, 2007).

1.1.2.4. Resinas compostas nanoparticuladas

Apresentam na sua constituição pequenos aglomerados de nanopartículas, denominados de *nanoclusters* (Curtis *et al.*, 2009b; Cramer *et al.*, 2011). Enquanto as resinas nanohíbridas combinam partículas de tamanho nanométrico com partículas maiores, as resinas nanoparticuladas utilizam unicamente partículas de tamanho nanométrico (Swift, 2005). Desta forma, são atingidas superiores propriedades mecânicas face às demais resinas (Curtis *et al.*, 2009a; Beun *et al.*, 2011,).

As resinas nanoparticuladas combinam então as propriedades mecânicas necessárias para as restaurações posteriores e as propriedades estéticas exigidas pelas restaurações anteriores (Mitra *et al.*, 2003).

1.2. Fotopolimerização

1.2.1. Sistema fotoiniciador

O fotoiniciador é uma molécula capaz de absorver a luz e formar, de forma direta ou indireta, espécies reativas que podem iniciar a reação de polimerização (Stansbury, 2000; Anusavice, 2005). Nas resinas compostas utilizadas em Medicina Dentária é utilizada mais frequentemente a canforoquinona (Stansbury, 2000; Anusavice, 2005; Kramer, Lohbauer *et al.*, 2008; Ferracane, 2011).

A eficiência de qualquer fotoiniciador é influenciada por diversos fatores. Para se atingir uma elevada absorção, é necessária uma relativa boa correspondência entre o espectro de absorção do fotoiniciador e o espectro emissor do fotopolimerizador (Fortin and Vargas, 2000; Stansbury, 2000). No caso da canforoquinona, a absorção máxima ocorre quando o comprimento de onda é de 468 nm, na região azul do espectro da luz visível (Stansbury, 2000; Kramer, Lohbauer *et al.*, 2008).

1.2.2. Reação de fotopolimerização e grau de conversão

Após a ativação dos iniciadores, são produzidos radicais livres que reagem com os monómeros de Bis-GMA, quebrando as ligações duplas de carbono (C=C) e levando a um entrecruzamento (*crosslinking*) e crescimento da matriz polimérica. Esta reação termina quando os monómeros são consumidos ou quando dois radicais livres reagem (Anusavice, 2005; Kramer, Lohbauer *et al.*, 2008; Kwon, Bagheri *et al.*, 2012).

O grau de conversão é definido como a percentagem de ligações duplas C=C quebradas que foram convertidas em ligações simples de modo a formar um polímero, afetando parâmetros importantes como a resistência mecânica, fadiga mecânica, solubilidade, biocompatibilidade e a descoloração das resinas compostas (Anusavice, 2005; Kramer, Lohbauer *et al.*, 2008).

1.2.3. Unidades de fotopolimerização

Encontram-se disponíveis várias fontes de energia para a reação de fotopolimerização, entre elas: lâmpadas halogêneas de quartzo-tungstênio, *light-emitting diode* (LED), lâmpadas de arco de plasma e laser de argon (Anusavice, 2005; Puckett, Fitchie *et al.*, 2007; Kramer, Lohbauer *et al.*, 2008).

A literatura suporta o papel importante do tempo e unidade de fotopolimerização utilizados nas propriedades físicas e estabilidade da cor das resinas compostas. Segundo Ruttermann e colaboradores (2010), resinas compostas polimerizadas com unidades LED durante 10 seg. mostraram similar ou melhor estabilidade cromática comparativamente a unidades de halogênio quartzo-tungstênio durante 20 seg. Mostrou igualmente que, a

utilização de maiores tempos de irradiação, não melhoraram a estabilidade cromática. Já Brackett e colaboradores (2007) verificaram que resinas polimerizadas com unidades de halogênio quartzo-tungstênio mostravam-se, após a polimerização, mais amarelas que aquelas polimerizadas com unidades LED

1.2.3.1. Lâmpadas halogêneas de quartzo-tungstênio

São as mais utilizadas na Medicina Dentária. A luz irradiada necessita de ser filtrada, de modo a transmitirem luz apenas na região azul do espectro da luz visível, entre os 400 – 500 nm (Stansbury, 2000; Anusavice, 2005; Kramer, Lohbauer *et al.*, 2008). No entanto, a elevada quantidade de calor produzido durante os ciclos sucessivos de utilização e as elevadas temperaturas de utilização levam à degradação da lâmpada, refletor e filtro (Kramer, Lohbauer *et al.*, 2008), pelo que é de extrema importância a verificação constante da intensidade luminosa com um radiômetro (Anusavice, 2005).

1.2.3.2. Lâmpadas LED

São cada vez mais utilizadas devido a vantagens como irradiação superior às das unidades de halogênio, cerca de 1,000 mW/cm² contra 800 mW/cm² esperando-se uma polimerização mais otimizada (Kramer, Lohbauer *et al.*, 2008; Ruttermann, Suyoun *et al.*, 2010); menor consumo de energia; sem necessidade de sistema de arrefecimento externo; tempo de vida superior sem perda significativa da intensidade (Kramer, Lohbauer *et al.*, 2008); sem necessidade de filtro pois só emitem radiação na região azul do espectro da luz visível (440 – 480 nm) e mais leves (Anusavice, 2005).

1.2.3.3. Lâmpadas de arco de plasma e laser de árgon

Estas fontes de luz são muito intensas, pelo que necessitam de mais energia mas permitem menores tempos de exposição para a polimerização de uma determinada espessura de resina (Anusavice, 2005). Permitem ainda a redução da contração de polimerização pois aumentam o grau de polimerização (Fortin and Vargas, 2000). No entanto, são apontadas algumas desvantagens como elevada geração de calor durante a polimerização (Christensen *et al.*, 1999; Fleming & Maillet, 1999; Strydom, 2005), elevado stress de contração inicial (Christensen *et al.*, 1999; Strydom, 2005); preço elevado; e incapacidade de substituição da fonte de energia no consultório (Fleming & Maillet, 1999).

1.3. Tendências atuais da Dentisteria Estética

Um dos principais desafios da Dentisteria Estética é conseguir uma perfeita harmonia entre as cores do dente e do material restaurador utilizado. Tanto a seleção da cor como do material a utilizar são passos críticos para se atingir este objetivo (Puckett, Fitchie *et al.*, 2007; Barutcigil, Harorli *et al.*, 2011). Assim que uma correspondência cromática adequada é conseguida entre o dente natural e a restauração, esta deverá ser mantida após a polimerização e durante o tempo de vida útil da restauração (Lee, Lim *et al.*, 2004; Celik, Aladag *et al.*, 2011).

1.4. Conceito e avaliação da cor

A cor é uma resposta psicológica à interação entre a energia da luz irradiante e um objeto, sendo dependente da avaliação subjetiva do observador. Existem 3 fatores que podem alterar a percepção da cor: a fonte de luz, o objeto em causa e o observador (Baltzer and Kaufmann-Jinoian, 2004; Joiner, 2004).

Na avaliação das diferenças de cor, existem dois sistemas que podem ser utilizados: o sistema Munsell e o sistema da *Commission International de l'Eclairage* (CIE), sendo mais frequentemente usado o sistema CIE L^*a^*b , definido em 1976 (Westland, 2003; Baltzer and Kaufmann-Jinoian, 2004; Joiner, 2004; Barutcigil, Harorli *et al.*, 2011).

O espaço de cor CIE L^*a^*b representa um espaço de cor uniforme, com iguais distâncias correspondendo a iguais diferenças de cor perceptíveis. Neste, todas as cores na natureza são obtidas através da mistura de três coordenadas básicas de cor: L^* , a^* e b^* , correspondendo a 3 eixos neste espaço de cor tridimensional (Westland, 2003; Joiner, 2004; Barutcigil, Harorli *et al.*, 2011).

Os valores L^* representam a escala de cinzentos, variando do branco ao preto, e corresponde à luminosidade (Westland, 2003; Joiner, 2004; Paravina RD, 2005; Pérez MM, 2007; Barutcigil, Harorli *et al.*, 2011). Uma superfície preta tem valor L^* de zero (0) e uma superfície branca tem valor L^* de 100 (Joiner, 2004; Pérez MM, 2007).

Os valores a^* representam a escala que varia desde o vermelho, para valores a^* positivos (+), e o verde, para valores a^* negativos (-) (Westland, 2003; Joiner, 2004; Paravina RD, 2005; Pérez MM, 2007; Barutcigil, Harorli *et al.*, 2011).

Os valores **b*** representam a escala que varia desde o amarelo, para valores **b*** positivos (+), e o azul, para valores **b*** negativos (-). (Westland, 2003; Joiner, 2004; Paravina RD, 2005; Pérez MM, 2007; Barutçigil, Harorli et al., 2011).

As coordenadas **a*** e **b*** aproximam-se do zero para cores neutras como o branco ou cinzento, e aumentam de magnitude quanto mais saturadas ou intensas as cores forem (Joiner, 2004; Pérez MM, 2007).

Assim, o sistema CIE **L*a*b** é definido pela fórmula:

$$\Delta E = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$$

em que ΔL , por exemplo, representa a diferença em **L*** entre 2 amostras diferentes. Os valores de ΔL , Δa e Δb são dados pelas seguintes equações (Westland, 2003), sendo L_0 , a_0 e b_0 as cores iniciais e L_1 , a_1 e b_1 as cores finais:

$$\Delta L = L_1^* - L_0^*$$

$$\Delta a = a_1^* - a_0^*$$

$$\Delta b = b_1^* - b_0^*$$

A vantagem do sistema CIE **L*a*b*** é que as diferenças de cor são expressas em unidades que podem ser relacionadas à percepção visual e significado clínico (Joiner, 2004; Pérez MM, 2007). Pequenas diferenças de cor e os seus limites em termos de perceptibilidade e aceitabilidade são de grande importância (Seghi *et al.*, 1989; Berns, 2000). Contudo, estes valores variam grandemente na literatura, sendo importante considerar variáveis como o indivíduo observador (Buchalla *et al.*, 2002) e condições visuais como iluminação, objeto, distância de observação e geometria ótica (Paravina *et al.*, 2002). Apesar da falta de consenso, geralmente valores de $\Delta E = 1$ foram indetetáveis para 50% dos observadores (Kuehni & Marcus, 1979), e valores de $\Delta E \leq 2$ foram considerados clinicamente aceitáveis (O'Brien *et al.*, 1990; Balter & Kaufmann-Jinoian, 2004).

No que diz respeito aos valores limite de ΔE clinicamente aceitáveis, a literatura é ainda mais divergente, com estudos a reportarem valores de 2,6 (Yu & Lee, 2008), 3,3 (Ruyter *et al.*, 1987; Inokoshi *et al.*, 1996; Kim & Um, 1996; Lee *et al.*, 2003; Vichi *et al.*, 2004;) e 3,7 (Johnston & Kao 1989; Paravina *et al.*, 2002; Paravina *et al.*, 2005). É necessária a uniformização destes valores para uma comparação clínica adequada.

Variados métodos são atualmente utilizados para a avaliação da cor, desde métodos visuais subjetivos, como o uso de escalas de cor, bem como métodos objetivos utilizando instrumentos como o espectrofotômetro, colorímetro ou técnicas de análise de imagem (Joiner, 2004).

A utilização de escalas de cor (como as escalas VITA) é dos métodos mais utilizados e são avaliados simultaneamente o dente e a cor da escala, sob as mesmas condições luminosas. Contudo, é um método subjetivo e variados fatores podem influenciar esta comparação como condições luminosas externas, o observador e sua experiência, fadiga, idade e sexo. Apesar destas limitações, o olho humano é muito eficaz na detecção de diferenças de cor, ainda que pequenas, entre dois objetos (Joiner, 2004).

Instrumentos como os espectrofotômetros e colorímetros têm sido utilizados na medição da cor de variados materiais. Os espectrofotômetros, através do coeficiente de reflectância de um objeto, medem o comprimento de onda e têm sido usados para medir o espectro visível de dentes vitais e extraídos. Contudo, pelo fato de ser um equipamento complexo, caro e de difícil medição da cor dos dentes *in vivo*, a sua utilização clínica e nos campos da investigação é limitada (Joiner, 2004).

Já os colorímetros foram desenhados para medir a cor nos termos do sistema CIE L^*a^*b , pelo que têm sido utilizados em variadas investigações envolvendo a cor natural de dentes *in vivo* e *in vitro* (Joiner, 2004). No entanto, a utilização destes na avaliação da cor tem várias desvantagens. Estes instrumentos foram desenhados para avaliar a cor em superfícies planas, sendo que os dentes não apresentam esta configuração, podendo ainda apresentar anomalias de superfície que afetam o processo de medição de cor (van der Burgt, ten Bosch *et al.*, 1990; Bolt, Bosch *et al.*, 1994). Erros sistemáticos são difíceis de gerir e podem ser esperados que afetem a precisão dos aparelhos, independentemente do controlo e precisão do ambiente envolvente e a concordância inter-instrumentos é relativamente pobre comparativamente à fiabilidade intra-instrumentos. (Douglas, 1997).

A análise de fotografias, via computador, é outra abordagem para a medição da cor, sendo reportada na literatura a sua efetividade na avaliação dos efeitos dos produtos de branqueamento (Bentley, Leonard *et al.*, 1999; Gerlach, Gibb *et al.*, 2000; Gerlach, Barker *et al.*, 2002).

1.5.Fatores que influenciam a cor das restaurações estéticas

A cor das resinas compostas não é, infelizmente, uma propriedade imutável, podendo as alterações verificadas serem causadas por principalmente dois fatores. Em primeiro lugar, pelos denominados fatores extrínsecos, como a pigmentação por absorção de colorantes exógenos provenientes do café, chá, nicotina, bebidas e colutórios. Por último, pelos fatores intrínsecos como a descoloração da resina da matriz ou alterações

na interface matriz-partículas de carga, e os componentes químicos destes materiais (Celik, 2008; Jeong, Kang *et al.*, 2009; Celik, Aladag *et al.*, 2011).

Idealmente, a cor dos materiais de restauração estéticos não deverá ser influenciada pela polimerização dos mesmos. No entanto, são variados os estudos na literatura que apontam a existência de alterações cromáticas após a polimerização, sendo a magnitude destas dependente de fatores como as características da luz de fotopolimerização – intensidade e espectro - (Ruttermann, Suyoun *et al.*, 2010), grau de conversão do sistema fotoiniciador, unidade de fotopolimerização utilizada, tempo de fotopolimerização (Inokoshi *et al.*, 1996; Buchalla *et al.*, 2002; Janda *et al.*, 2004) e características intrínsecas das resinas compostas como as partículas de carga e composição da matriz (Lee, Lim *et al.*, 2004; Jung, Cho *et al.*, 2010; Ruttermann, Suyoun *et al.*, 2010; Barutcgil, Harorli *et al.*, 2011; Celik, Aladag *et al.*, 2011).

As alterações cromáticas das resinas compostas após a polimerização são principalmente causadas devido a uma diminuição da luminosidade e croma (Lee, Lim *et al.*, 2004; Barutcgil, Harorli *et al.*, 2011, Celik, Aladag *et al.*, 2011), sendo as alterações na luminosidade, segundo Celik e colaboradores (2011), superiores que as do croma.

No que diz respeito à composição das resinas compostas, a canforoquinona é o principal fotoiniciador utilizado. Este composto apresenta naturalmente uma coloração amarela que, após uma correta polimerização, se torna invisível. Assim, com a reação de polimerização e o consumo do fotoiniciador, há uma deslocação da cor para a região do espectro azul, o que segundo o sistema CIE L^*a^*b é representado pela diminuição dos valores de b^* (Lee, Lim *et al.*, 2004; Jeong, Kang *et al.*, 2009; Barutcgil, Harorli *et al.*, 2011; Celik, Aladag *et al.*, 2011). Desta forma, as resinas tornam-se mais claras ou mais translúcidas após a polimerização (Çelik *et al.*, 2011), pelo que a seleção de uma cor inicial mais amarela ou mais cromática que a desejada é aconselhada por alguns autores (Seghi *et al.*, 1990; Lee *et al.*, 2011).

No entanto, caso o grau de conversão seja reduzido (devido à insuficiente irradiação luminosa ou tempo de exposição) ou se elevadas quantidades de canforoquinona estão presentes na formulação original da resina composta, maior será a quantidade de canforoquinona residual presente após a fotopolimerização. Segundo a literatura, estes monómeros residuais poderão prolongar a reação de polimerização sob a influência da luz ambiente, embora a resina já se encontre polimerizada, fenómeno designado por *bleaching* (Soh *et al.*, 2003; Yap *et al.*, 2004; Tsai *et al.*, 2004; Price *et al.*, 2005). Já Jung Cho e colaboradores (2009) afirmam existir uma relação entre a

quantidade de monómeros residuais, que não participaram na reação de polimerização, e sua oxidação com as alterações cromáticas das resinas após a polimerização. Os mesmos autores reportam ainda que resinas com maior quantidade de TEDGMA implicam uma maior transmissão de luz, o que se traduz em menor quantidade de amina terciária residual e um menor grau de descoloração após polimerização pode ser conseguido.

Após a polimerização, é também notada a diminuição da luminosidade, ou seja, dos valores de L^* , pelo que as resinas compostas se tornam mais escuras (Seghi *et al.*, 1990; Eldiwany *et al.*, 1995; Paravina *et al.*, 2002; Lee *et al.*, 2003; Barutcigil *et al.*, 2011). À medida que a reação de polimerização se processa, com a conversão dos monómeros em polímeros, o índice refratário da fase resinosa aumenta, enquanto o índice refratário das partículas de carga mantém-se. Desta forma, as resinas compostas polimerizadas têm maior reflectância difusa que as não polimerizadas, aumentando a dispersão da luz incidente sobre os materiais (Yap *et al.*, 1990; Lee *et al.*, 2003; Karaarslan *et al.*, 2013). Consequentemente a translucidez destes diminui, o que parece explicar a diminuição dos valores de L^* (Combe, 1992).

Estudos dedicados a esta problemática verificam ainda que as alterações cromáticas sofridas pelas resinas após a polimerização são dependentes do material e da cor utilizada. Seghi e colaboradores (1990) e Yap e colaboradores (1990) reportam que as cores mais claras ou menos cromáticas têm tendência a apresentarem maiores alterações comparativamente às resinas mais escuras ou mais cromáticas. Segundo Lee e colaboradores (2004) estas diferenças na estabilidade cromática podem estar associadas a diferenças na composição química como ativadores, iniciadores, pigmentos ou a diferenças nas características de dispersão ou absorção por si dependentes da cor da resina. Encontra-se igualmente descrito que, a alteração cromática em resinas compostas translúcidas é superior às cores convencionais de esmalte e dentina, podendo refletir as diferenças entre a composição dos materiais, especialmente em relação às partículas de carga (Lee, Lim *et al.*, 2004).

Assim, como grandes alterações nas propriedades cromáticas e óticas das resinas compostas podem ocorrer quando estas são fotopolimerizadas, o clínico deverá ter estas em conta aquando da utilização deste material dentário e o estabelecimento inicial clínico da cor das mesmas (Lee, Lim *et al.*, 2004).

2. OBJETIVOS DO ESTUDO

- 1) Analisar se existe variação da cor das resinas compostas antes e após a polimerização

H0: Existe variação de cor das resinas compostas após a polimerização

H1: Não existe variação de cor das resinas compostas após a polimerização

- 2) Analisar se a variação da cor depende do tipo de resina composta

H0: A variação de cor é dependente do tipo de resina composta

H1: A variação de cor não é dependente do tipo de resina composta

- 3) Analisar se a variação da cor depende da cor da resina composta

H0: A variação da cor é dependente da cor da resina composta

H1: A variação da cor não é dependente da cor da resina composta

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Delineamento experimental

Neste estudo laboratorial, foi testada a influência da fotopolimerização na estabilidade cromáticas de resinas compostas. Foram utilizadas 7 resinas compostas diferentes - 3 microhíbridas [**Point 4 enamel** (PO4 – *Kerr, Orange, CA, USA*); **Herculite HRV enamel** (HRL – *Kerr, Orange, CA, USA*); **Aelite All-Purpose Body enamel** (AEL – *Bisco, Schaumburg, IL, USA*)], 3 nanohíbridas [**GrandiOso enamel** (GRD – *Voco, Cuxhaven, Germany*); **Premise enamel** (PRM – *Kerr, Orange, CA, USA*); **Enamel Plus HRi dentine** (ENP – *Micerium, Avegno, Italy*)] e 1 nanoparticulada [**Filtek Supreme XT enamel** (FSX – *3M ESPE, St. Paul, MN, USA*)].

Foram estabelecidos 21 grupos experimentais, cada um representado por 5 espécimes (n=5). No total, foram obtidos 105 espécimes.

	Tipo de resina composta		
	<i>Microhíbridas</i>	<i>Nanohíbridas</i>	<i>Microparticuladas</i>
Abreviatura do nome comercial, Cor (número de amostras)	PO4, A1 (n=5)	GRD, A1 (n=5)	FSX, A1 (n=5)
	PO4, A2 (n=5)	GRD, A2 (n=5)	FSX, A2 (n=5)
	PO4, A3 (n=5)	GRD, A3 (n=5)	FSX, A3 (n=5)
	HRL, A1 (n=5)	PRM, A1 (n=5)	
	HRL, A2 (n=5)	PRM, A2 (n=5)	
	HRL, A3 (n=5)	PRM, A3 (n=5)	
	AEL, A1 (n=5)	ENP, UD1 (n=5)	
	AEL, A2 (n=5)	ENP, UD2 (n=5)	
	AEL, A3 (n=5)	ENP, UD3 (n=5)	

Tabela 1 - Distribuição dos espécimes estudados consoante o tipo de resina composta

3.2. Materiais utilizados

As características dos diferentes materiais utilizados neste estudo laboratorial encontram-se discriminados no Anexo II – Tabela I, e representados no Anexo I – figs. I, II e III.

3.3. Protocolo experimental

Previamente à preparação dos espécimes, procedeu-se à calibração do espectrofotómetro de contacto VITA Easyshade® (Vident™, Brea, CA, USA), de acordo com as indicações do fabricante, e à verificação da intensidade luminosa do fotopolimerizador de halogénio-quartzo-tungsténio ASTRALIS™ 5 (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) com recurso ao radiómetro Demetron Model 100 Curing Radiometer (Kerr, Orange, CA, USA). Constatou-se uma intensidade luminosa superior a $1,000 \text{ mW/cm}^2$ (Anexo I – fig. IX).

Foi colocada uma placa de vidro de 5 x 5 cm, com 1 cm de espessura (*placa de vidro A*), sobre um fundo de papel branco (21 x 29,5 cm). No centro, foi colocada uma matriz de acetato (Hawe Striproll, Kerr, Orange, CA, USA - *matriz de acetato 1*) com 10 mm largura x 0,05 mm espessura (Anexo I – fig. X), seguido da colocação do molde de politetrafluoretileno (teflon), de cor branca e dimensões 8 mm diâmetro x 2 mm de altura (Anexo I – fig. XI).

Cada espécime foi preparado no molde de teflon, tendo sido este preenchido em monobloco com resina composta (Anexo I – fig. XII), sendo posteriormente colocada uma matriz de acetato (*matriz de acetato 2*) sobre o mesmo (Anexo I – fig. XIII). Procedeu-se depois à compactação do espécime com uma placa de vidro de 5 x 5 cm (*placa de vidro B*), com 1 cm de espessura (Anexo I – fig. XIV). O procedimento anterior é exemplificado pela figura 1.

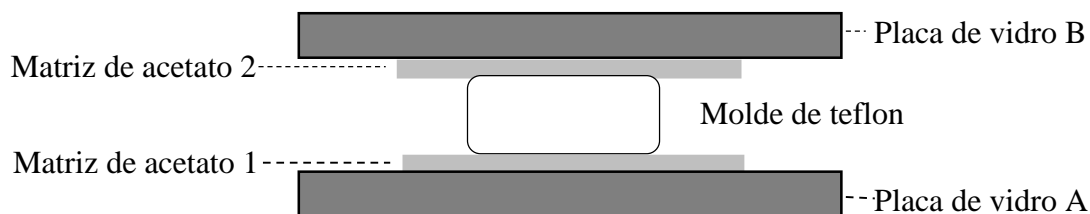


Figura 1 - Compactação do espécime

Após a remoção da placa de vidro superior, e previamente à fotopolimerização do espécime, procedeu-se à medição das coordenadas de cor de acordo com o sistema CIE L^*a^*b (C, L, a e b) com o espectrofotómetro de contacto VITA Easyshade® (Vident™, Brea, CA, USA), através da matriz de acetato 2, no centro do espécime preparado. A ponta medidora da sonda foi mantida perpendicular ao espécime (Anexo I – fig. XV).

Seguidamente, procedeu-se à polimerização com o fotopolimerizador de halogénio-quartzo-tungsténio ASTRALIS™ 5 (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein),

através da matriz de acetato 2, durante 40 seg., e com a ponta perpendicular ao espécime (Anexo I – fig. XVI). De imediato, foi removida a placa de vidro inferior e realizado um novo ciclo de polimerização, no lado oposto do molde de teflon/espécime de resina composta, através da matriz de acetato 1, durante 40 seg. e com a ponta igualmente perpendicular ao espécime.

Voltou-se a medir as coordenadas de cor de acordo com o sistema CIE L*a*b (C, L, a e b) com o espectrofotômetro de contacto VITA Easysshade® (Vident™, Brea, CA, USA), através da matriz de acetato 2 (Hawe Striproll, Kerr, Orange, CA, USA), no centro do espécime preparado. A ponta medidora da sonda foi mantida perpendicular ao espécime (Anexo I – fig. XVII).

Em todo o procedimento experimental, foram sempre utilizados o mesmo fundo branco, fotopolimerizador, radiômetro e espectrofotômetro. As condições de luminosidade ambiente do local de trabalho mantiveram-se idênticas ao longo de todo o procedimento.

A intensidade luminosa do fotopolimerizador ASTRALIS™ 5 (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) foi verificada ao fim de 2 grupos experimentais, ou seja, a cada 10 espécimes. O espectrofotômetro de contacto VITA Easysshade® (Vident™, Brea, CA, USA) foi recalibrado ao fim de cada grupo experimental, ou seja, a cada 5 espécimes.

Durante o procedimento experimental e entre espécimes, foram trocadas as matrizes de acetato utilizadas de modo a evitar a contaminação cruzada com porções de resina composta não polimerizada entre espécimes.

3.4. Medição da alteração cromática

A cor foi avaliada de acordo com o espaço de cor CIE L*a*b. A alteração cromática (ΔE^*) foi calculada através da equação $\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]$. Os valores de ΔL^* , Δa^* e Δb^* foram calculados através da equação $\Delta L = L_{\text{após polimerização}} - L_{\text{antes polimerização}}$, consoante a coordenada de cor em questão.

3.5. Análise estatística

A análise estatística foi realizada através do programa SPSS 20.0 para Windows (SPSS Inc, Chicago, IL, USA). Foram realizadas as análises ANOVA e os testes post-hoc Scheffe e Bonferroni, com um nível de confiança de 99% ($p = 0,01$), dado a amostragem não ser homogênea quanto ao número de tipos de resinas compostas.

4. RESULTADOS

4.1. Análise estatística descritiva

4.1.1. Grupos de acordo com o tipo de resina composta

As diferenças de cor (ΔE) para as resinas compostas estudadas, de acordo com o tipo de resina composta, estão apresentadas na tabela 2.

Tipo	N	Média	Desvio-padrão	Min	Máx
<i>Microhíbrido</i>	45	9,72	3,16	2,28	15,01
<i>Nanohíbrido</i>	45	10,94	2,70	0,00	15,82
<i>Nanoparticulado</i>	15	8,24	1,42	5,68	10,71

Tabela 2 - Distribuição dos valores de ΔE

As análises descritivas para os restantes parâmetros (ΔL , Δb e Δa) encontram-se discriminadas nas tabelas 3, 4 e 5.

Tipo	N	Média	Desvio-padrão	Min	Máx
<i>Microhíbrido</i>	45	- 4,12	3,79	- 0,50	4,50
<i>Nanohíbrido</i>	45	- 3,26	1,59	- 7,20	0,00
<i>Nanoparticulado</i>	15	- 4,39	1,61	- 8,10	- 1,50

Tabela 3- Distribuição dos valores de ΔL

Tipo	N	Média	Desvio-padrão	Min	Máx
<i>Microhíbrido</i>	45	- 8,10	2,50	- 12,60	- 1,10
<i>Nanohíbrido</i>	45	- 10,37	2,45	- 15,40	0,00
<i>Nanoparticulado</i>	15	- 6,79	1,23	- 9,00	- 4,80

Tabela 4 - Distribuição dos valores de Δb

Tipo	N	Média	Desvio-padrão	Min	Máx
<i>Microhíbrido</i>	45	- 0,62	1,06	- 2,00	1,90
<i>Nanohíbrido</i>	45	- 0,23	0,60	- 1,60	1,10
<i>Nanoparticulado</i>	15	0,73	0,29	0,30	1,10

Tabela 5 - Distribuição dos valores de Δa

4.1.2. Grupos de acordo com a cor da resina composta

As diferenças de cor (ΔE) para as resinas compostas estudadas, de acordo com a cor, estão apresentadas na tabela 6.

Cor	N	Média	Desvio-padrão	Min.	Máx.
A1	35	10,93	2,85	0,00	15,82
A2	35	9,93	2,81	3,80	15,01
A3	35	9,24	2,90	2,28	14,37

Tabela 6- Distribuição dos valores de ΔE

As análises descritivas para os restantes parâmetros (ΔL , Δb e Δa) encontram-se discriminadas nas tabelas 7, 8 e 9.

Cor	N	Média	Desvio-padrão	Min.	Máx.
A1	35	- 2,60	3,01	- 7,40	4,5
A2	35	- 4,03	2,63	- 10,50	1,20
A3	35	- 4,38	2,45	- 10,20	0,50

Tabela 7- Distribuição dos valores ΔL

Cor	N	Média	Desvio-padrão	Min.	Máx.
A1	35	- 10,09	2,70	- 15,40	0,00
A2	35	- 8,78	2,34	- 12,70	- 3,60
A3	35	- 7,80	2,60	- 13,00	- 1,10

Tabela 8 - Distribuição dos valores Δb

Cor	N	Média	Desvio-padrão	Min.	Máx.
A1	35	- 0,08	0,74	- 1,20	1,10
A2	35	- 0,32	0,94	- 2,00	1,40
A3	35	- 0,40	1,04	- 1,90	1,90

Tabela 9 - Distribuição dos valores Δa

4.2. Análise da variância fatorial (ANOVA)

Foi realizada a análise ANOVA e testes post-hoc de Bonferroni e Scheffe, com um intervalo de confiança de 99% pelo facto de não se preencher o parâmetro de homogeneidade do número de amostras em todos os grupos ($p < 0,01$).

4.2.1. Grupos de acordo com o tipo de resina compostas

Tipo de compósito	Tipo de compósito	Sig.
<i>Microhíbrido</i>	Nanohíbrido	,121
	Nanoparticulado	,208
<i>Nanohíbrido</i>	Microhíbrido	,121
	Nanoparticulado	,006
<i>Nanoparticulado</i>	Microhíbrido	,208
	Nanohíbrido	,006

Tabela 10 - Valores de p para ΔE em função do tipo de resina composta

Tipo de compósito	Tipo de compósito	Sig.
<i>Microhíbrido</i>	Nanohíbrido	,333
	Nanoparticulado	,951
<i>Nanohíbrido</i>	Microhíbrido	,333
	Nanoparticulado	,394
<i>Nanoparticulado</i>	Microhíbrido	,951
	Nanohíbrido	,394

Tabela 11 - Valores de p para ΔL em função do tipo de resina composta

Tipo de compósito	Tipo de compósito	Sig.
<i>Microhíbrido</i>	Nanohíbrido	,000
	Nanoparticulado	,178
<i>Nanohíbrido</i>	Microhíbrido	,000
	Nanoparticulado	,000
<i>Nanoparticulado</i>	Microhíbrido	,178
	Nanohíbrido	,000

Tabela 12 - Valores de p para Δb em função do tipo de resina composta

Tipo de compósito	Tipo de compósito	Sig.
<i>Microhíbrido</i>	Nanohíbrido	,072
	Nanoparticulado	,000
<i>Nanohíbrido</i>	Microhíbrido	,072
	Nanoparticulado	,001
<i>Nanoparticulado</i>	Microhíbrido	,000
	Nanohíbrido	,001

Tabela 13 - Valores de p para Δa em função do tipo de resina composta

Não foram identificadas diferenças estatisticamente significativas entre as resinas compostas microhíbridas ($\Delta E = 9,72$) e nanohíbridas ($\Delta E = 8,24$), e a resinas microhíbridas e ($\Delta E=9,72$) e nanoparticuladas ($\Delta E=10,94$), para $p > 0,01$. Verificam-se alterações estatisticamente significativas entre as resinas compostas nanohíbridas ($\Delta E = 10,94$) e nanoparticuladas ($\Delta E = 8,24$), para $p < 0,01$.

Analisando as restantes coordenadas da cor (ΔL , Δa e Δb) foram encontradas alterações significativas ($p < 0,01$) entre:

- Resinas microhíbridas e nanoparticuladas, quanto aos valores de Δa ($p=0,000$);
- Resinas nanohíbridas e nanoparticuladas, quanto aos valores de Δa e Δb ($p=0,001$ e $p=0,000$ respetivamente);

- Resinas microhíbridas e nanohíbridas, quanto aos valores de Δb ($p=0,000$);
- Não foram encontradas alterações significativas entre os grupos de resinas compostas relativamente a ΔL ($p>0,01$);

4.2.2. Grupos de acordo com a cor das resinas compostas

Cor de compósito (E)	Cor de compósito	Sig.
A1	A2	,341
	A3	,050
A2	A1	,341
	A3	,600
A3	A1	,050
	A2	,600

Tabela 14 - Valores de p para ΔE em função da cor de resina composta

Cor de compósito (L)	Cor de compósito	Sig.
A1	A2	,270
	A3	,102
A2	A1	,270
	A3	,868
A3	A1	,102
	A2	,868

Tabela 15 - Valores de p para ΔL em função da cor de resina composta

Cor do compósito (B)	Cor do compósito	Sig.
A1	A2	,106
	A3	,001
A2	A1	,106
	A3	,276
A3	A1	,001
	A2	,276

Tabela 16 - Valores de p para Δb em função da cor de resina composta

Tipo de compósito (a)	Tipo de compósito	Sig.
A1	A2	,565
	A3	,386
A2	A1	,565
	A3	,952
A3	A1	,386
	A2	,952

Tabela 17 - Valores de p para Δa em função da cor de resina composta

Os valores de ΔE para as cores A1, A2 e A3 foram de 10,93, 9,93 e 9,24, respetivamente, não se tendo encontrado diferenças estatisticamente significativas entre os grupos ($p > 0,01$). Analisando as restantes coordenadas da cor (ΔL , Δa e Δb) foram encontradas alterações significativas entre:

- Resinas compostas A1 e A3, quanto aos valores de Δb ($p=0,001$);
- Não foram encontradas diferenças entre cores estudadas relativamente a ΔL e Δa .

Todas as amostras evidenciaram valores de $\Delta E > 3,7$.

4.2.3. Resultados de acordo com componentes cromáticos (L^* ; a^* ; b^*)

Em todos os grupos experimentais, à exceção do grupo Aelite All-Purpose Body enamel, na cor A1 e A3, houve diminuição do valor de L^* .

Igualmente em todos os grupos experimentais, houve diminuição do valor de b^* após a polimerização.

Quanto aos valores de a^* , verificou-se a diminuição em todas as resinas estudadas à exceção das resinas Aelite All-Purpose Body enamel, nas cores A2 e A3. Relativamente à resina composta GrandiOso, na cor A3, os valores permaneceram iguais.

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Investigações recentes têm sido direcionadas para a modificação da composição química das resinas compostas, não só com o intuito de melhorar as propriedades mecânicas, mas igualmente na tentativa de diminuir as alterações cromáticas a que estas são sujeitas (Sabatini *et al.*, 2012). No entanto, apesar das significativas superiores propriedades óticas das resinas compostas da atualidade, a estabilidade cromática mantém-se como um desafio, com alterações a serem observadas não só após algum tempo (Paravina *et al.*, 2004) mas também imediatamente após a polimerização (Janda *et al.*, 2004; Kim & Lee, 2007; Sabatini *et al.*, 2012).

Assim, o presente estudo pretendeu avaliar as alterações cromáticas imediatamente após a fotopolimerização de sete marcas comerciais de resinas compostas, divididas em resinas microhíbridas (Point 4®, Aelite All-Purpose Body® e Herculite HRV®), nanohíbridas (Enamel HRi®, Premise® e GrandiOso®) e nanoparticulada (Filtek Supreme XT®), nas cores A1, A2 e A3, e se estas apresentam correlação com o tipo de resina composta e a cor utilizada. Devido aos materiais disponíveis, apenas foi possível utilizar uma única marca de resina composta nanoparticulada, pelo que este grupo experimental é numericamente inferior aos restantes.

Foi igualmente padronizado, à semelhança de outros estudos laboratoriais, o fabrico de espécimes com uma espessura de 2 mm (Paravina *et al.*, 2002; Paravina *et al.*, 2005; Sidhu *et al.*, 2006; Watanabe *et al.*, 2008; Junge *et al.*, 2010, Karaarslan *et al.*, 2013) e um tempo de polimerização constante de 40 segundos, em ambas as faces, de modo a assegurar uma polimerização uniforme em toda a espessura dos mesmos.

Para a avaliação das alterações cromáticas após a polimerização (ΔE), foi utilizada a fórmula do sistema CIE L^*a^*b , uma vez este ser um método largamente aceite na avaliação quantitativa e objetiva nas diferenças de cor em variados materiais dentários (Imamra *et al.*, 2008). Os valores de ΔE a partir dos quais as alterações são visíveis ao olho humano variam grandemente na literatura, sendo relevante para esta variação o indivíduo observador (Buchalla *et al.*, 2002) e condições visuais - iluminação, objeto, distância de observação e geometria ótica (Paravina *et al.*, 2002). Diferentes autores têm descrito valores ΔE de 2,6 (Yu & Lee, 2008), 3,3 (Ruyter *et al.*, 1987; Inokoshi *et al.*, 1996; Kim & Um, 1996; Lee *et al.*, 2003; Vichi *et al.*, 2004) e 3,7 (Johnston & Kao, 1989; Paravina *et al.*, 2002; Paravina *et al.*, 2005) como o limite de clinicamente aceitável. No

presente estudo, foram considerados valores de $\Delta E \geq 3,7$ como clinicamente inaceitáveis, dado ser o valor estabelecido pelo Serviço Público Americano (*U.S. Public Health Service*).

Neste estudo foram observadas alterações de cor (ΔE) estatisticamente significativas entre resinas nanohíbridas e nanoparticuladas ($p=0,006$) tendo-se verificado valores médios de ΔE de 10,94 e 8,24 respetivamente. Estes resultados são apoiados pelo estudo desenvolvido por Çelik e colaboradores (2011), em que foi avaliada a alteração cromática após a polimerização e armazenamento em água de 3 resinas microhíbridas (Filtek Z250, Esthet X e Gradia Direct), 5 resinas nanohíbridas (Ceram X, Clearfil Majesty Esthetics, Premise, Tetric EvoCeram e Tetric N Ceram) e 1 resina nanoparticulada (Filtek Supreme XT). Os resultados mostraram que as resinas nanoparticuladas apresentam valores de ΔE inferiores comparativamente a resinas nanohíbridas e microhíbridas, embora nem sempre estatisticamente significativos.

Na avaliação das coordenadas de cor individualmente, verifica-se que existem alterações de b^* (Δb) estatisticamente significativas entre as resinas microhíbridas e nanohíbridas ($p=0,000$) e nanohíbridas e nanoparticuladas ($p=0,000$). De facto, os valores de b^* após a polimerização diminuíram em todas as amostras estudadas, com deslocação da cor para a gama dos azuis, tornando-se assim as resinas menos amarelas. A maioria das resinas compostas utilizadas apresenta a canforoquinona como fotoiniciador na sua constituição, componente com uma cor intrínseca amarela que, ao longo da reação de polimerização é consumido e se torna invisível. Estes resultados são concordantes com os estudos de Janda e colaboradores (2004), Eldiwany e colaboradores (1995), Seghi e colaboradores (1990), Sidhu e colaboradores (2006), Barutçigil e colaboradores (2011), Lee e colaboradores (2003), Lee e colaboradores (2004) e Arikawa e colaboradores (2004 e 2009). No entanto, Çelik e colaboradores (2011), evidenciam a diminuição dos valores de b^* em todas as resinas compostas exceto nas microhíbridas. Concluem igualmente que os valores de b^* são substancialmente inferiores para as resinas nanoparticuladas ($\Delta b = -0,09$) comparativamente às resinas microhíbridas ($\Delta b = 2,92$), o que não é suportado pelo presente estudo, dado não existirem diferenças estatisticamente significativas entre os 2 grupos de resinas compostas na análise deste padrão em concreto.

Em relação aos valores de L^* , foi observada a sua diminuição em todas as amostras, ou seja, todas se tornaram mais escuras, com exceção das amostras nas cores A1 e A3 da resina microhíbrida Aelite All-Purpose Body. Estes resultados são coincidentes com os reportados na maioria dos estudos (Seghi *et al.*, 1990; Eldiwany *et*

al., 1995; Paravina *et al.*, 2002; Lee YK *et al.*, 2003; Barutçigil *et al.*, 2011). As resinas compostas polimerizadas tendem a terem maior reflectância difusa que as resinas não polimerizadas. Esta alteração reflete o aumento do índice refratário da matriz resinosa, associada à conversão dos monómeros em polímeros, enquanto o índice refratário das partículas de carga mantém-se inalterado. Desta forma, aumenta a dispersão da luz incidente sobre os materiais e diminui a sua translucidez (Yap *et al.*, 1999; Lee *et al.*, 2003; Karaarslan *et al.*, 2013). Segundo Combe (1992) a diminuição dos valores de L^* poderá ser explicada pela diminuição da translucidez dos materiais após a polimerização, dado os materiais menos translúcidos aparentarem serem mais escuros.

No entanto, tal como mostrado por Çelik e colaboradores (2011), não foi encontrada correlação entre o tipo de compósito e os valores de ΔL .

No que diz respeito aos valores de a^* , foi observação a diminuição destes em todas as amostras, ou seja, tornaram-se mais verdes, exceto nas amostras das cores A2 e A3 da resina microhíbrida Aelite All-Purpose Body, que se tornaram mais vermelhas (aumento dos valores de a). Verificou-se que existem alterações de a^* (Δa) estatisticamente significativas entre as resinas microhíbridas e nanoparticuladas ($p=0,000$) e resinas nanohíbridas e nanoparticuladas ($p=0,001$).

Apesar dos inúmeros estudos sobre as alterações de cor após a polimerização, são limitadas as investigações focadas nos efeitos do tipo de resina composta sobre estas, sendo as comparações estabelecidas entre marcas comerciais. Uma possível explicação pelos resultados apresentados poderá se prender com as diferenças nos tamanhos das partículas de carga (Çelik *et al.*, 2011).

No presente estudo, não foram detetadas diferenças estatisticamente significativas de ΔE consoante a cor das resinas compostas utilizadas (A1, A2, A3).

Seghi e colaboradores (1990), concluíram após o seu estudo que cores mais claras sofriam maiores alterações de cor (ΔE) que as cores mais escuras. No entanto, é importante referir que os materiais utilizados têm uma composição diferentes dos materiais contemporâneos e as próprias cores utilizadas (U, L, G, DY, A1, B3 e C4) não correspondem às escalas VITA atuais.

De modo semelhante e com o mesmo objetivo do presente trabalho, Kim & Lee desenvolveram em 2007 um estudo em que avaliaram as alterações cromáticas após a polimerização de 8 resinas compostas (Ceram X mono, Filtek Supreme, Filtek Z350, Glacier, Gradia Direct, Gradio, Point 4 e Premise) em diversas cores. Apesar de concluírem que a cor da resina composta influenciava o grau de alteração cromática que

essa resina iria sofrer, o estudo foi conduzido com grupos não homogêneos quanto às cores apresentadas e os dados obtidos foram comparados dentro de cada marca de resina composta, e não entre marcas. Além disso, como limitação do mesmo, os autores apontam o facto de analisarem espécimes com 1 mm de espessura, metodologia divergente da literatura disponível e que pode ter influência nos resultados obtidos.

No ensaio de Sabatini e colaboradores (2012) foi estudada a estabilidade cromática de 10 resinas compostas (5 resinas nanohíbridas, 4 híbridas e 1 microhíbrida), nas cores A3 e *Bleach* (cores utilizadas em restaurações de dentes branqueados), tendo-se observado, imediatamente após a polimerização, alterações de cor superiores nos espécimes de cor A3. Segundo Shin e Rawl (2009), tal é devido ao fato de as resinas compostas *bleach* apresentarem na sua constituição fotoiniciadores alternativos como a Licirín TPO que, usados isoladamente ou em combinação com a canforoquinona, permitem maior estabilidade cromática após a polimerização. De fato, autores como Stansbury e colaboradores (2000), Ferracane (2011), Kwon e colaboradores (2012) e Albuquerque e colaboradores (2013) evidenciaram os efeitos positivos na estabilidade cromática das resinas compostas quando utilizadas novas formulações de fotoiniciadores, como o PPD, Licirín TPO e Irgacure 819, comparativamente à canforoquinona, sendo este um campo de particular interesse de investigação e desenvolvimento laboratorial de forma a colmatar as falhas destes atuais materiais de restauração dentária, após a polimerização.

Analisando os restantes parâmetros de cor, apenas se verificaram alterações estatisticamente significativas entre as cores A1 e A3 para valores de Δb . Enquanto para as resinas A3 verificam-se valores de Δb de -7,79, para as cores A1 verificam-se valores de -10,09. Ou seja, as resinas nas cores A1 tornaram-se menos amarelas que as cores A3.

Autores como Lee e colaboradores, em 2004, reportam que as diferenças na estabilidade cromática dependentes da cor e material podem estar associada a diferenças na composição química como ativadores, iniciadores, pigmentos ou em diferenças nas características de dispersão ou absorção por si dependentes da cor da resina.

Quanto ao total da amostragem estudada, foram obtidos valores de ΔE entre 6,61 (Aelite All-Purpose Body) e 13,35 (GrandiOso), com todos os espécimes a mostrarem valores de $\Delta E \geq 3,7$ e portanto clinicamente inaceitáveis. Estes resultados são concordantes com os resultados de Sabatini e colaboradores (2012), onde todas as amostras estudadas, à exceção da resina nanohíbrida Tetric EvoCeram, na cor translúcida, apresentaram valores de $\Delta E \geq 3.3$. Também outros estudos (Barutçigil *et al.*, 2011; Çelik

et al., 2011), apresentaram resultados semelhantes, com a maioria das amostras estudadas a apresentarem valores de $\Delta E \geq 3,7$.

Contudo, os presentes valores são superiores aos demais apresentados por estudos semelhantes (Eldiwany *et al.*, 1995; Yap *et al.*, 1999; Kim & Lee, 2007; Barutcigil *et al.*, 2011; Sabatini *et al.*, 2012). Uma possível explicação poderá se prender com as diferentes metodologias seguidas pelos autores, em particular os fotopolimerizadores utilizados e condições de polimerização seguidas, assim como a forma como as alterações de cor foram medidas. Yap e colaboradores (1999), não referem qual o fotopolimerizador utilizado e utilizaram um colorímetro para o registo das alterações de cor. Apesar de no estudo de Kim & Lee (2006) terem utilizado um espectrofotómetro e um fotopolimerizador de halogénio, o último apresentava uma intensidade luminosa claramente inferior à do aparelho utilizado no presente estudo (400 mW/cm² contra cerca de 1000 mW/cm²). Barutcigil e colaboradores (2011) utilizaram no seu estudo um fotopolimerizador LED, não especificando as condições da fotopolimerização, assim como um colorímetro. Já Sabatini e colaboradores (2012), utilizaram igualmente um fotopolimerizador LED, com 1600 mW/cm² de intensidade e 20 segs. de polimerização em ambos os lados do espécime de 3mm e registaram as alterações de cor com um colorímetro.

Quanto às limitações do presente ensaio, são apontadas as seguintes:

- Foi realizada a compactação manual da resina composta através das placas de vidro, contrariamente à metodologia de outros estudos - Lee e colaboradores (2004) e Kim & Lee (2007) - em que foi utilizada uma carga mecânica padronizada. A utilização de um método manual (de compressão imprecisa) pode ter comprometido a garantia de uma superfície completamente lisa em todas os espécimes, e ter influenciado as medições com o espectrofotómetro;
- A utilização de um fotopolimerizador de halogénio poderá influenciar os resultados, dada a evidência na literatura sobre a maior homogeneidade dos LED na polimerização das resinas compostas e a influência sobre a estabilidade cromática;
- Embora no presente estudo se tenha utilizado um espectrofotómetro para a medição das alterações de cor, outros estudos semelhantes fazem uso do colorímetro. A literatura é clara na descrição da superior eficácia e fiabilidade dos espectrofotómetros face aos colorímetros (Chu *et al.*, 2010). Dentro do leque de espectrofotómetros disponíveis, existe evidência científica sobre a significativa variação inter-aparelhos.

Lehmann e colegas (2010) compararam 4 espectrofotômetros com uma referência espectrofotométrica, incluindo o espectrofotômetro utilizado neste estudo. Apesar de todos os 4 aparelhos mostrarem excelente repetibilidade, aparelhos como o VITA Easyshade mostraram maiores desvios do sistema espectrofotométrico.

O presente estudo evidencia a existência de alterações cromáticas das resinas compostas após a polimerização, parecendo indicar que estas são influenciadas pelo tipo de resina composta, assim como são clinicamente inaceitáveis independentemente do material ou cor utilizada. Desta forma, é imperativo por parte dos médicos dentistas reconhecerem a existência deste problema. Por forma a contornar esta problemática, é indicada a colocação de resina composta da cor escolhida não polimerizada no dente a restaurar, seguido da polimerização de modo a confirmar a seleção correta da cor do material antes de qualquer procedimento restaurador.

É igualmente importante a realização de novos estudos sobre esta problemática, que avaliem simultaneamente diferentes tipos de resinas compostas e as cores mais frequentemente utilizadas. É evidente a necessidade de padronização dos estudos efetuados, nos seus diferentes aspetos. Deste modo, futuras comparações serão simplificadas.

6. CONCLUSÕES

Após a análise dos dados obtidos neste estudo conclui-se:

- Todas as amostras sofreram alterações cromáticas, aceitando-se a 1ª hipótese nula. As alterações cromáticas foram clinicamente perceptíveis e inaceitáveis em todas as amostras analisadas ($\Delta E \geq 3,7$);
- As alterações cromáticas foram dependentes do material utilizado, com resinas nanohíbridas a apresentarem valores superiores que as nanoparticuladas. É assim aceite a 2ª hipótese nula;
- As alterações cromáticas não foram dependentes da cor utilizada. É rejeitada a 3ª hipótese nula.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Albuquerque PP, Moreira AD, Moraes RR, Cavalcante LM, Schneider LF. Color stability, conversion, water sorption and solubility of dental composites formulated with different photoinitiator systems. *J Dental*. 2013; 41(3):e67-72.
2. Anusavice, K. J. *Phillips Materiais Dentários*. Rio de Janeiro: Elsevier. 2005
3. Ardu S, Gutemberg D, Krejci I, Feilzer AJ, Di Bella E, Dietschi D. Influence of water sorption on resin composite color and color variation amongst various composite brands with identical shade code: an in vitro evaluation. *J Dent*. 2011; 39(1): e37-44.
4. Arikawa H, Kanie T, Fujii K, Ban S, Homma T, Takahashi H. Optical and color stabilities of paint-on resins for shade modification of restorative resins. *Dent Mater J*. 2004; 23(2):158-160.
5. Arikawa H, Takahashi H, Kanie T, Ban S. Effect of various visible light photoinitiators on the polymerization and color of light activated resins. *Dent Mater J*. 2009; 28(4):454-460.
6. Baltzer A & Kaufmann-Jinoian V. The determination of the tooth colors. *Quintessenz Zahntechnik*. 2004; 30: 726 - 740.
7. Barutcigil C, Harorli OT, Yildiz M, Ozcan E, Arslan H, Bayindir F. The color differences of direct esthetic restorative materials after setting and compared with a shade guide. *J Am Dent Assoc*. 2011;142: 658-665.
8. Bentley C, Leonard RH, Nelson CF, Bentley SA. Quantitation of vital bleaching by computer analysis of photographic images. *J Am Dent Assoc*. 1999; 130: 809-816.
9. Berns RS. *Billmeyer and Saltzman's principles of color technology*. 3rd ed. New York: John Wiley & Sons; 2000
10. Beun S, Glorieux T, Devaux J, Vreven J, Leloup G. Characterization of nanofilled compared to universal and microfilled composites. *Dent Mater*. 2007; 23(1): 51-9.
11. Bolt RA, Bosch JJ, Coops JC. Influence of window size in small-window colour measurement, particularly of teeth. *Phys Med Biol*. 1994; 39; 1133-1142.
12. Brackett MG, Brackett WW, Browning WD, Rueggeberg FA. The effect of light curing source on the residual yellowing of resin composites. *Operative Dentistry*. 2007;32(5):443-450

13. Buchalla W, Attin T, Hilgers RD, Hellwig E. The effect of water storage and light exposure on the color and translucency of a hybrid and a microfilled composite. *J Prosthet Dent*. 2002; 87(3):264-270.
14. Celik C, Yuzugullu B, Erkut S, Yamanel K. Effect of mouth rinses on color stability of resin composites. *Eur J Dent*. 2008; 2; 247 - 253.
15. Celik EU, Aladag A, Turkun LS, Yilmaz G. Color changes of dental resin composites before and after polymerization and storage in water. *J Esthet Restor Dent*. 2011; 23: 179-188.
16. Christensen RP, Palmer TM, Ploeger BJ, Yost MP. Resin polymerization problems. Are they caused by resin curing lights, resin formulations, or both? *Compend Contin Educ Dent Suppl*. 1999; S42-S54.
17. Chu SJ, Trushkowsky RD, Paravina RD. Dental color matching instruments and systems. Review of clinical and research aspects. *Journal of Dentistry*. 2010; 38(s):e2-e16.
18. Combe EC. Light, color and esthetics. Notes of dental materials New York: Churchill Livingston Inc; 1992 p. 21-25.
19. Cramer NB, Stansbury JW, Bowman C N. Recent advances and developments in composite dental restorative materials. *J Dent Res*. 2011; 90: 402-416
20. Curtis AR, Palin WM, Fleming GJ, Shortall AC, Marquis PM. The mechanical properties of nanofilled resin-based composites: the impact of dry and wet cyclic pre-loading on bi-axial flexure strength. *Dent Mater*. 2009a; 25(2): 188-97.
21. Curtis AR, Palin WM, Fleming GJ, Shortall AC, Marquis PM. The mechanical properties of nanofilled resin-based composites: characterizing discrete filler particles and agglomerates using a micromanipulation technique. *Dent Mater*. 2009b; 25(2): 180-7.
22. Douglas RD. Precision of in vivo colorimetric assessments of teeth. *J Prosthet Dent*. 1991; 77: 464-470.
23. Eldiwany M, Friedl KH, Powers JM. Color stability of light-cured and post-cured composites. *Am J Dent*. 1995; 8:179-181.
24. Eliades GC, Vougiouklakis GJ, Caputo AA. Degree of double bond conversion in light-cured composite. *Dent Mater*. 1987; 3:19-25.
25. Ferracane JL. Resin composite--state of the art. *Dent Mater*. 2011; 27: 29-38.
26. Fleming MG, Maillet WA. Photopolymerization of composite resin using the argon laser. *J Can Dent Assoc*. 1999; 65:447-450.

27. Fortin D & Vargas MA. The spectrum of composites: new techniques and materials. *J Am Dent Assoc.*2000; 131; 26S-30S.
28. García AH, Lozano MA, Vila JC, Escribano AB, Galve PF. Composte resins. A review of the materials and clinical indications. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.*2006; 11: E215 - E220.
29. Gerlach RW, Barker ML, Sagel PA. Objective and subjective whitening response of two self-directed bleaching systems. *Am J Dent.* 2002;15; 7A-12A.
30. Gerlach RW, Gibb RD, Sagel PA. A randomized clinical trial comparing a novel 5.3% hydrogen peroxide whitening strip to 10%, 15%, and 20% carbamide peroxide tray-based bleaching systems. *Compend Contin Educ Dent Suppl.* 2000;S22-28; quiz S42-23.
31. Giachetti L, Scaminaci Russo D, Bambi C, Grandini R. A review of polymerization shrinkage stress: current techniques for posterior direct resin restorations. *J Contemp Dent Pract.* 2006; 7: 79-88.
32. Halvorson RH, Erickson RL, Davidson CL. Energy dependente polymerization of resin-based composite. *Dent Mater* 2002; 18:463-469.
33. Ilie N, Hickel R. Investigations on mechanical behaviour of dental composites. *Clin Oral Investig.* 2009; 13(4): 427-38.
34. Imamura S, Takahashi H, Hayakawa I, Loyaga-Rendon PG, Minakuchi S. Effect of filler type and polishing on the discoloration of composite resin artificial teeth. *Dental Materials Journal.* 2008; 27(6):802-808.
35. Inokoshi S, Burrow MF, Kataumi M, et al. Opacity and color changes of tooth-colored restorative materials. *Oper Dent.* 1996; 21:73-80.
36. Janda R, Roulet JF, Kaminsky M. Color stability of resin matrix restorative materials as a function of the method of light activation. *Eur J Oral Sci.* 2004; 112:280-285.
37. Jeong TS, Kang HS, Kim SK, Kim S, Kim HI, Kwon YH. The effect of resin shades on microhardness, polymerization shrinkage, and color change of dental composite resins. *Dent Mater J.*2009; 28: 438-445.
38. Johnston WM & Kao EC. Assessment of appearance match by visual observation and clinical colorimetry. *J Dent Res.*1989;68: 819-822.
39. Johnston WM, Reisbick MH. Color and translucency changes during and after curing of esthetic restorative materials. *Dent Mater.* 1997;13:89-97.
40. Joiner, A. Tooth colour: a review of the literature. *J Dent.* 2004; 32(1): 3-12.

41. Jung YH, Cho BH, Nah KS, Kim HI, Kwon YH. Effect of diode-pumped solid state laser on polymerization shrinkage and color change in composite resins. *Lasers Med Sci.* 2010; 25: 339-343.
42. Karaarslan ES, Bulbul M, Ertas E, Cebe MA, Usumez A. Assessment of changes in color and color parameter of light-cured composite resin after alternative polymerization methods. *Eur J of Dent* 2013;7:110-116.
43. Katayama T, Miyazaki N, Nagamine T, et al. Color changes of visible-light composite resin. *Jpn J Conserv Dent* 1986;29:254-259.
44. Kim IJ, Lee YK. Changes in color and color parameters of dental resin composites after polymerization. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2007; 80B:541-546.
45. Kim HS, Um CM. Color differences between resin composites and shade guides. *Quintessence Int* 1996; 27:559-567.
46. Kramer N, Lohbauer U, Garcia-Godoy F, Frankenberger R. Light curing of resin-based composites in the LED era. *Am J Dent.* 2008;21: 135-142.
47. Kuehni FG, Marcus RT. An experiment in visual scaling of small color differences. *Color Res Appl* 1979;4:83-91.
48. Kwon TY, Bagheri R, Kim YK, Kim KH, Burrow MF. Cure mechanisms in materials for use in esthetic dentistry. *J Investig Clin Dent.* 2012; 3: 3-16.
49. Lee YK, Lim BS, Kim CW. Difference in polymerization color changes of dental resin composites by the measuring aperture size. *J Biomed Mater Res Part B: Appl Biomater* 2003; 66B:373-378.
50. Lee YK, Lim BS, Kim CW, Powers JM. Color characteristics of low-chroma and high translucency dental resin composites by different measuring modes. *J Biomed Mater Res* 2011; 58:613-621.
51. Lee YK, Lim BS, Rhee SH, Yang HC, Powers JM. Changes of optical properties of dental nano-filled resin composites after curing and thermocycling. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* 2004;71: 16-21
52. Lehmann KM, Igiel C, Schmidtman I, Scheller H. Four color-measuring devices compared with a spectrophotometric reference system. *Journal of Dentistry* 2010;38(s):e65-e70.
53. Llena C, Lozano E, Amengual J, Forner L. Reliability of two color selection devices in matching and measuring tooth color. *Journal of Contemporary dental practise* 2011,12(1):19-23.

54. Mitra SB, Wu D, Holmes BN. An application of nanotechnology in advanced dental materials. *J Am Dent Assoc.* 2003; 134(10): 1382-90.
55. O'Brien WJ, Groh CL, Boenke KM. A new, small color difference equation for dental shades. *J Dent Rest* 1990;69:1762-1764.
56. Paravina RD, K. M., Powers JM (2005) Evaluation of polymerization-dependent changes in color and translucency of resin composites using two formulae. *Odontology* 93, 46-51.
57. Paravina RD, Ontiveros JC, Powers JM. Curing-dependent changes in color and translucency parameter of composite bleach shades. *J Esthet Restor Dent* .2002;14: 158-166.
58. Pérez MM, Yebra A, Pulgar R. Study of the variation between CIELAB ΔE^* and CIEDE2000 color-differences of resin composites. *Dental Materials Journal.*2007; 26: 21-28.
59. Peutzfeldt A, Asmussen E. Color stability of three composite resins used in the inlay/onlay technique. *Scand J Dent Res* 1990;98:257-260.
60. Price RB, Felix CA, Andreou P. Knoop hardness of ten resin composites irradiated with high-power LED and quartz-tungsten-halogen lights. *Biomaterials* 2005;26:2631-2641.
61. Puckett AD, Fitchie JG, Kirk PC, Gamblin J. Direct composite restorative materials. *Dent Clin North Am.*2007;51:659-675.
62. Robert CP & Wataha J. *Materiais dentários - propriedades e manipulação.* São Paulo: Mosby, Inc. 2002
63. Rueggeberg FA. State-of-the-art: dental photocuring--a review. *Dent Mater.*2011;27: 39-52.
64. Ruttermann S, Suyoun K, Raab WH, Janda R. Effect of exposure time on the color stability of resin-based restorative materials when polymerized with quartz-tungsten halogen and LED light. *Clin Oral Investig.*2010;14: 599-605.
65. Ruyter IE, Nilner K, Moller B. Color stability of dental composite resin materials for crown and bridge veneers. *Dent Mater* 1987; 3(5): 246-261
66. Sabatini C, Campillo M, Aref J. Color stability of ten resin-based restorative materials. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry* 2012; 24(3):185-199.
67. Shin DH & Rawls HR. Degree of conversion and color stability of the light curing resin with new photoinitiator systems. *Dent Mater.*2009; 25: 1030-1038.

68. Seghi RR, Gritz MD, Kim J. Colorimetric changes in composites resulting from visible-light-initiated polymerization. *Dent Mater* 1990; 6:133-137.
69. Seghi RR, Hewlett ER, Kim J. Visual and instrumental colorimetric assessments of small color differences on translucent dental porcelain. *J Dent Res* 1989;68:1760-1764.
70. Sidhu SK, Ikeda T, Omata U, Fujita M, Sano H. Change of color and translucency by light curing in resin composites. *Oper Dent* 2006; 31(5):598-603.
71. Sohn MS, Yap AU, Siow KS. Effectiveness of composite cure associated with different curing modes of LED lights. *Oper Dent* 2003;28:371-377.
72. Stansbury JW. Curing dental resins and composites by photopolymerization. *J Esthet Dent*.2000;12: 300-308.
73. Swift EJ Jr. Restorative considerations with vital tooth bleaching. *J Am Dent Assoc.* 1997; 128: 60-64.
74. Strydom C. Polymerization and polymerization shrinkage stress: Fast cure versus conventional cure. *SADJ* 2005;60:252-253.
75. Tsai PC, Meyers IA, Walsh LJ. Depth of cure and surface microhardness of composite resin cured with blue LED curing lights. *Dent Mater* 2004;20:364-369.
76. van der Burgt TP, ten Bosch JJ, Borsboom PC, Kortsmit WJ. A comparison of new and conventional methods for quantification of tooth color. *J Prosthet Dent*.1990;63: 155-162.
77. Vichi A, Ferrari M, Davidson CL. Color and opacity variations in three different resin-based composite products after water aging. *Dent Mater* 2004; 20:530-534.
78. Watanabe H, Covey D. Esthetic restorative material shade changes due to photopolymerization. *Gen Dent* 2008; 56:260-266.
79. Westland S. Review of the CIE system of colorimetry and its use in dentistry. *J Esthet Restor Dent*.2003;15(1): S5-12.
80. Yap AU, Slim CP, Loganathan V. Polymerization color changes of esthetic restoratives. *Oper Dent* 1999; 24:306-311.
81. Yap AU, Soh MS, Han TT, Siow KS. Influence of curing lights and modes on cross-link density of dental composites. *Oper Dent* 2004; 29:410-415.
82. Yu B, Lee YK. Differences in color, translucency and fluorescence between flowable and universal resin composites. *J Dent* 2008; 36(10):840-846.

- 83.** Zimmerli B, Strub M, Jeger F, Stadler O, Lussi A. Composite materials: composition, properties and clinical applications. A literature review. Schweiz Monatsschr Zahnmed. 2010; 120(11): 972-86.

ANEXO I

Figuras

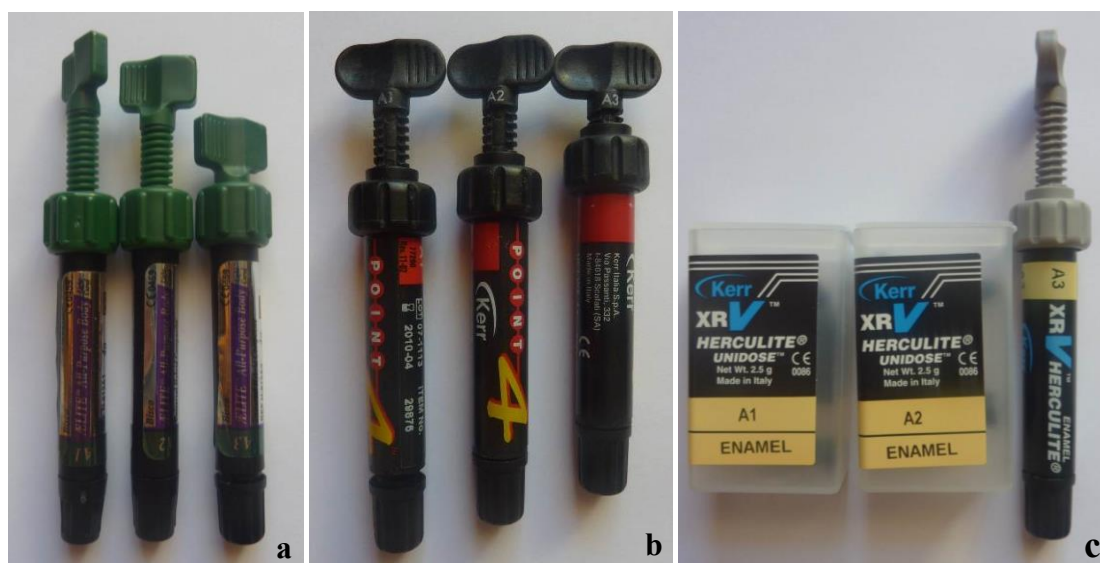


Fig. I – Resinas compostas microhíbridas, e respectivas cores, utilizadas: **(a)** Aelite All-Purpose Body enamel (*Bisco, Schaumburg, IL, USA*); **(b)** Point 4 enamel (*Kerr, Orange, CA, USA*); **(c)** Herculite HRV enamel (*Kerr, Orange, CA, USA*)

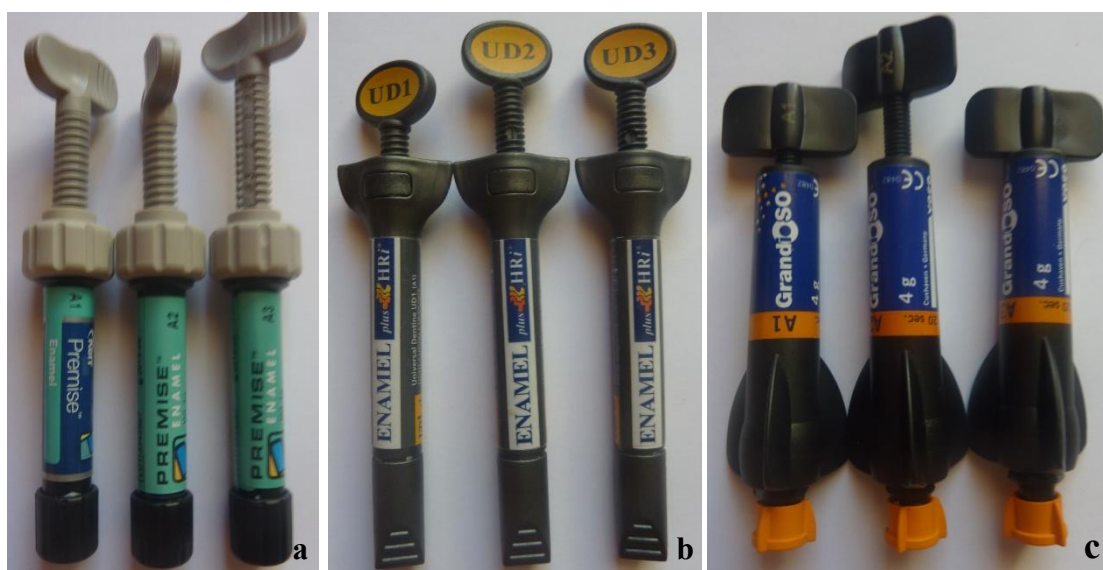


Fig. II – Resinas compostas nanohíbridas, e respectivas cores, utilizadas: **(a)** Premise enamel (*Kerr, Orange, CA, USA*); **(b)** Enamel Plus HRi dentine (*Micerium, Avengo, Italy*); **(c)** GrandiOso enamel (*Voco, Cuxhaven, Germany*)



Fig. III – Resina composta nanoparticulada, e respectivas cores, utilizada – Filtek Supreme XT enamel (3M ESPE, St. Paul, MN, US)

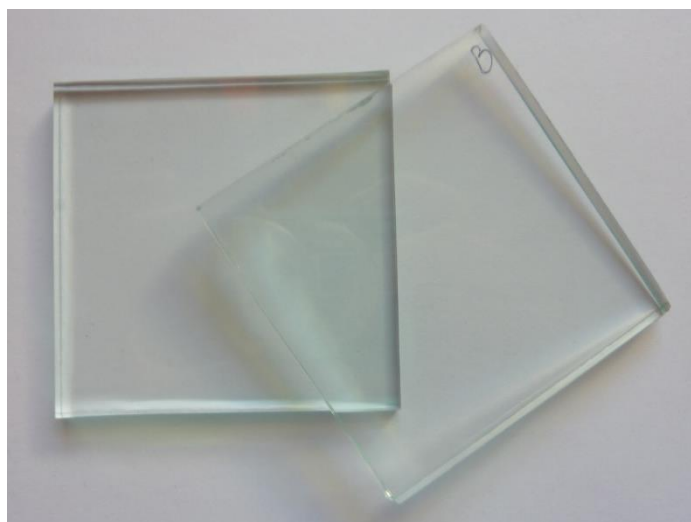


Fig. IV – Placas de vidro utilizadas para a compressão dos espécimes

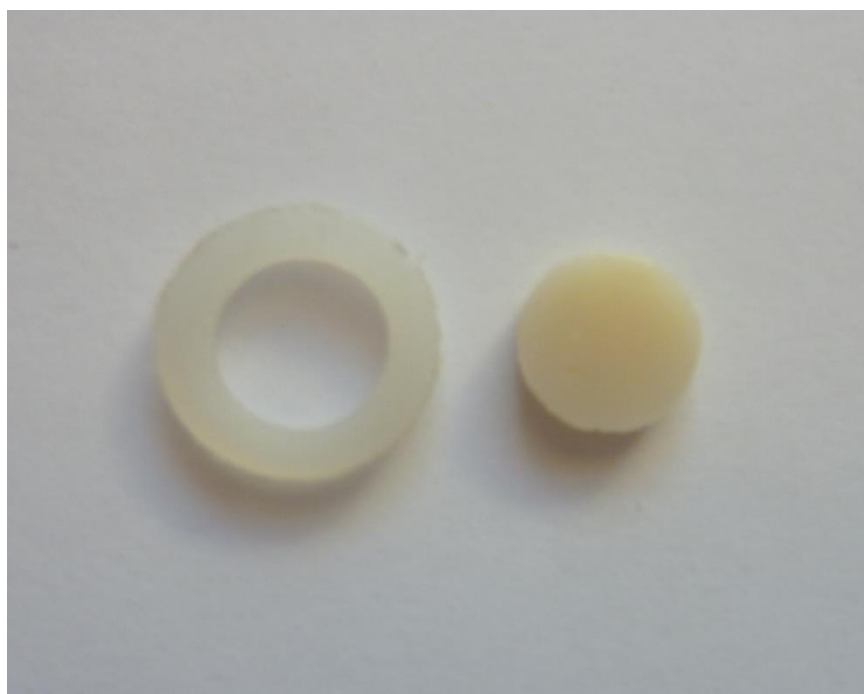


Fig. V – Molde de teflon utilizado (8 mm diâmetro x 2 mm altura) e respectivo espécime obtido (8 mm diâmetro x 2 mm de espessura)

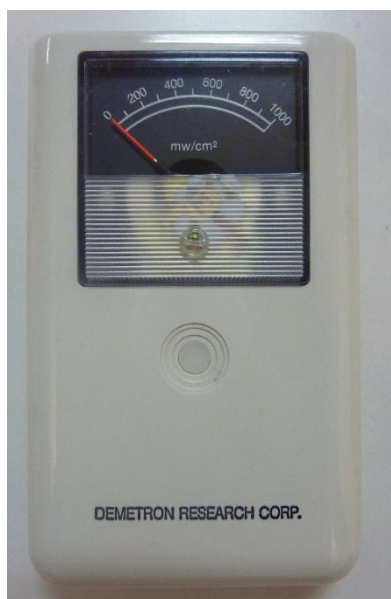


Fig. VI – Radiômetro Demetron Model 100 Curing Radiometer (*Kerr, Orange, CA, USA*)



Fig. VII – Fotopolimerizador de halogénio AstralisTM 5 (*Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein*)



Fig. VIII – Espectrofotômetro de contacto VITA Easyshade (*VidentTM, Brea, CA, USA*)

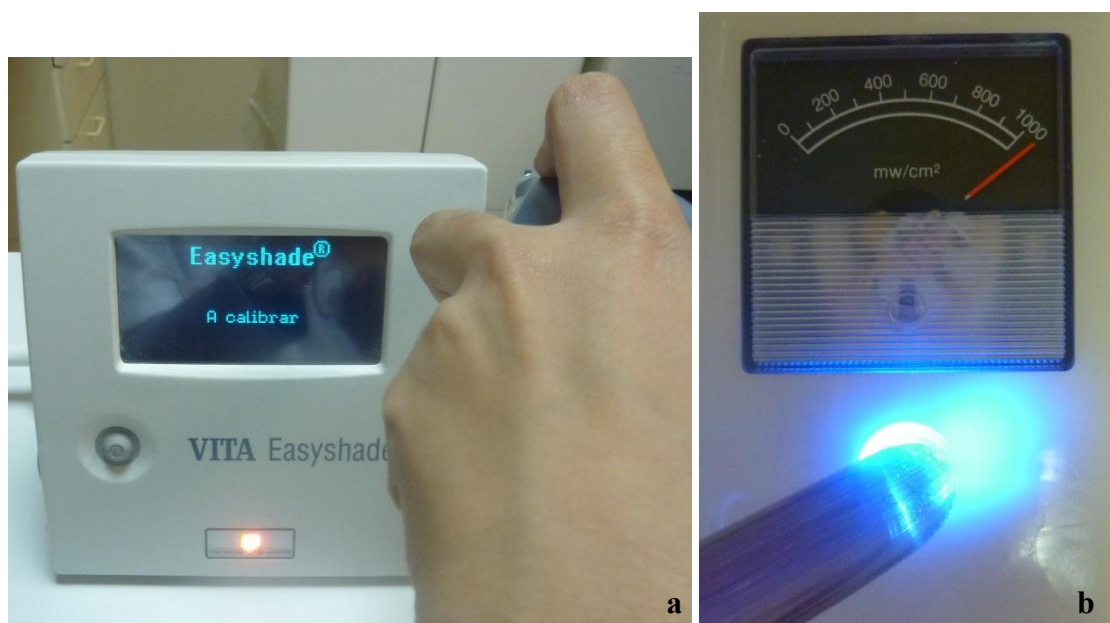


Fig. IX – Calibração do: (a) Espectrofotómetro, ao fim de cada grupo experimental; (b) Fotopolimerizador, a cada 10 espécimes

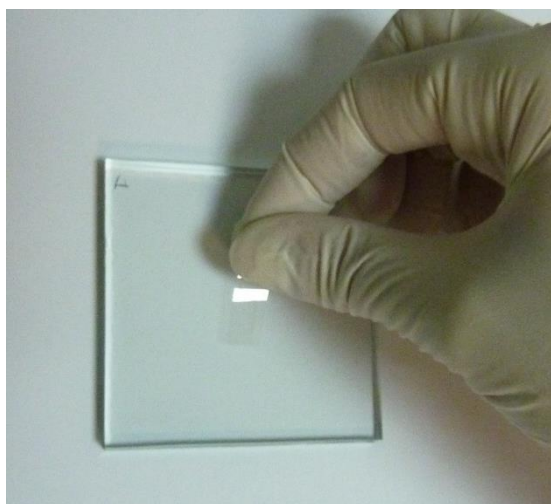


Fig. X – Colocação da matriz de acetato sobre a placa de vidro



Fig. XI – Colocação do molde de teflon sobre a matriz de acetato

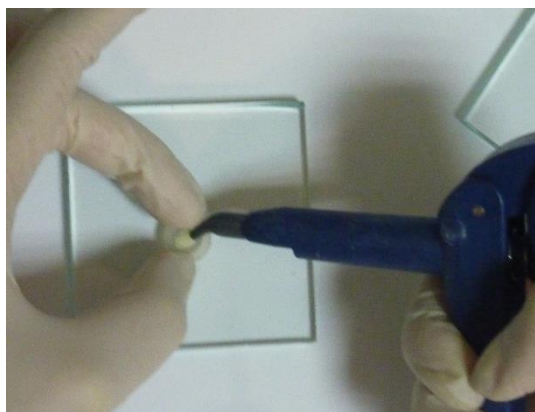


Fig. XII – Colocação da resina composta no molde, em monobloco



Fig. XIII – Colocação de outra matriz de acetato sobre a resina e molde

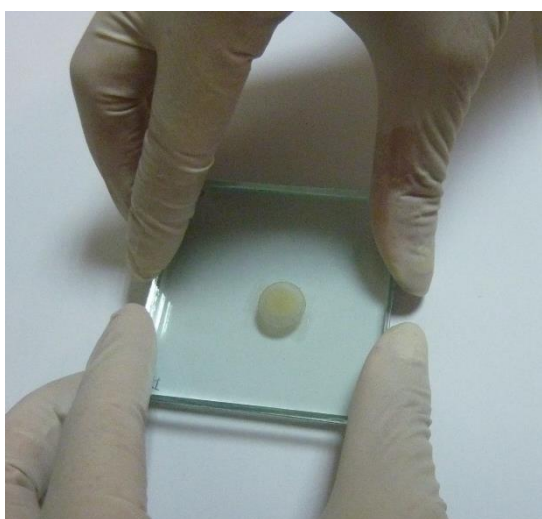


Fig. XIV – Compactação da amostra com outra placa de vidro

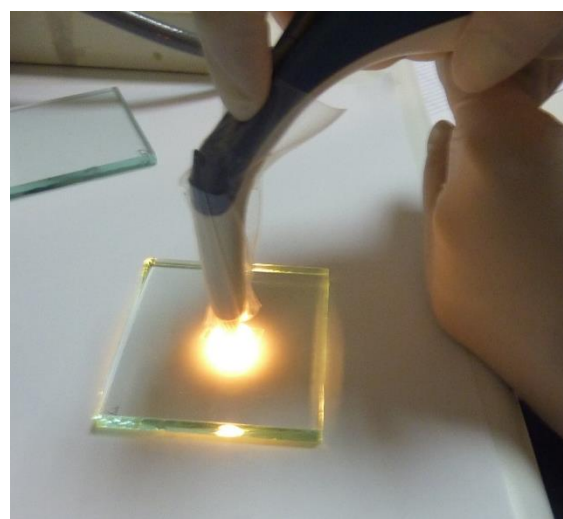


Fig. XV – Medição das coordenadas de cor com o espectrofotômetro, previamente à polimerização

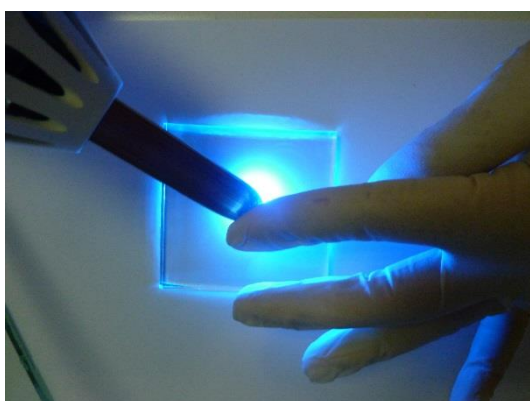


Fig. XVI – Fotopolimerização do espécime

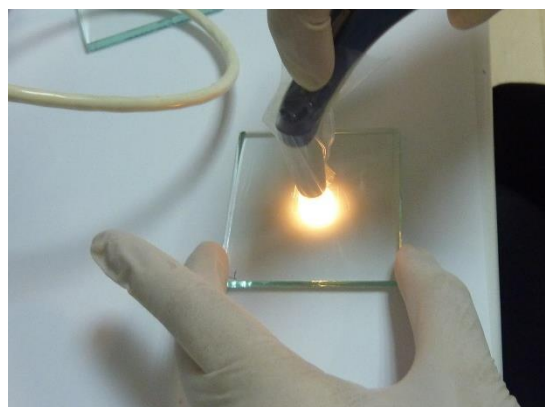


Fig. XVII – Medição com o espectrofotômetro, após a polimerização

ANEXO II

Tabelas e gráficos

Marca	Tipo	Manufacturante	Composição				Cor	Lote (n°)
			Matriz orgânica	Partículas de carga	Tamanho partículas carga	Concentração partículas carga (%p/p - %v/v)		
Aelite All-Purpose Body enamel	Microhíbrida	Bisco	Bis-GMA TEGDMA	Fibras de vidro Sílica amorfa	0,04 – 0,7 µm	76 % (p/p) 55 % (v/v)	A1 A2 A3	1300001465 0600010047 0600009423; 1200009093
Herculite HRV enamel		Kerr Corporation	Bis-GMA TEGDMA	Vidro de borossilicato de alumínio Sílica coloidal	0,6 µm	79 % (p/p) 59 % (v/v)	A1 A2 A3	3622449 3597152 3648172
Point 4 enamel		Kerr Corporation	Bis-GMA, TEGDMA, Bis-EMA	Vidro de bário Sílica	0,4 µm	76 % (p/p) 57 % (v/v)	A1 A3 A3	07-1113 07-1111 07-1111
Enamel Plus HRi dentine	Nanohíbrida	Micerium	Bis-GMA, UDMA, BDDMA	Óxido de zircônio Sílica	20 nm	80 % (p/p) 63 % (v/v)	UD1 UD2 UD3	2012000967 2012001237 2012001428
GrandiOso enamel		Voco	Bis-GMA, TEGDMA, Bis-EMA	Vidro de cerâmica Dióxido de sílica	1 µm e 20 – 40 µm (respectivamente)	89 % (p/p) 73 % (v/v)	A1 A2 A3	1116206 1219193 1037230
Premise enamel		Kerr Corporation	Bis-GMA, TEGDMA	Partículas pré-polimerizadas, vidro de bário, sílica	30 - 50 µm; 0,4 µm; 0,02 µm (respectivamente)	84 % (p/p) 70 % (v/v)	A1 A2 A3	4729128 3543967 3533262
Filtek Supreme XT enamel	Nanoparticulada	3M ESPE	Bis-GMA, UDMA, TEGDMA, Bis-EMA	Agregados de óxido de alumínio, partículas de sílica	5-20 nm 0,6 – 1,4 µm (cluster)	78,5 % (p/p) 59,5 % (v/v)	A1 A2 A3	9GA 9HG 9FM

Tabela I – Composição dos materiais utilizados

Análise ANOVA consoante tipo de resina composta				
	F	df1	df2	Sig.
ΔE	5,786	2	102	0,004
ΔL	1,519	2	102	0,224
Δb	17,426	2	102	0,000
Δa	15,834	2	102	0,000

Tabela II – Análise ANOVA consoante o tipo de resina composta

Tipo de compósito (I)	Tipo de compósito (J)	Diferença média (I-J)	Erro Padrão	Sig.	Intervalo de confiança 99%	
					Limite mínimo	Limite máximo
<i>Microhíbrido</i>	Nanohíbrido	- 1,21933	,58676	,121	-3,0410	,6024
	Nanoparticulado	1,48089	,82981	,208	-1,0954	4,0572
<i>Nanohíbrido</i>	Microhíbrido	1,21933	,58676	,121	-,6024	3,0410
	Nanoparticulado	2,70022	,82981	,006	,1239	5,2765
<i>Nanoparticulado</i>	Microhíbrido	-1,48089	,82981	,208	-4,0572	1,0954
	Nanohíbrido	-2,70022	,82981	,006	-5,2765	-,1239

Tabela III – Tabela de valores de ΔE em função do tipo de resina composta, após a análise estatística com SPSS 20.0.

Tipo de compósito (I)	Tipo de compósito (J)	Diferença média (I-J)	Erro Padrão	Sig.	Intervalo de confiança 99%	
					Limite mínimo	Limite máximo
<i>Microhíbrido</i>	Nanohíbrido	-,86889	,58299	,333	-2,6789	,9411
	Nanoparticulado	,26222	,82447	,951	-2,2975	2,8219
<i>Nanohíbrido</i>	Microhíbrido	,86889	,58299	,333	-,9411	2,6789
	Nanoparticulado	1,13111	,82447	,394	-1,4286	3,6908
<i>Nanoparticulado</i>	Microhíbrido	-,26222	,82447	,951	-2,8219	2,2975
	Nanohíbrido	-1,13111	,82447	,394	-3,6908	1,4286

Tabela IV – Tabela de valores de ΔL em função do tipo de resina composta, após a análise estatística com SPSS 20.0.

Tipo de compósito (I)	Tipo de compósito (J)	Diferença média (I-J)	Erro Padrão	Sig.	Intervalo de confiança 99%	
					Limite mínimo	Limite máximo
<i>Microhíbrido</i>	Nanohíbrido	2,26444	,49498	,000	,7277	3,8012
	Nanoparticulado	-1,31111	,70001	,178	-3,4844	,8622
<i>Nanohíbrido</i>	Microhíbrido	-2,26444	,49498	,000	-3,8012	-,7277
	Nanoparticulado	-3,57556	,70001	,000	-5,7488	-1,4023
<i>Nanoparticulado</i>	Microhíbrido	1,31111	,70001	,178	-,8622	3,4844
	Nanohíbrido	3,57556	,70001	,000	1,4023	5,7488

Tabela V – Tabela de valores de Δb em função do tipo de resina composta, após a análise estatística com SPSS 20.0.

Tipo de compósito (I)	Tipo de compósito (J)	Diferença média (I-J)	Erro Padrão	Sig.	Intervalo de confiança 99%	
					Limite mínimo	Limite máximo
<i>Microhíbrido</i>	Nanohíbrido	-,39556	,17013	,072	-,9237	,1326
	Nanoparticulado	-1,35111	,24060	,000	-2,0981	-,6041
<i>Nanohíbrido</i>	Microhíbrido	,39556	,17013	,072	-,1326	,9237
	Nanoparticulado	-,95556	,24060	,001	-1,7025	-,2086
<i>Nanoparticulado</i>	Microhíbrido	1,35111	,24060	,000	,6041	2,0981
	Nanohíbrido	,95556	,24060	,001	,2086	1,7025

Tabela VI – Tabela de valores de Δa em função do tipo de resina composta, após a análise estatística com SPSS 20.0.

Análise ANOVA consoante a cor de resina composta				
	F	df1	df2	Sig.
ΔE	3,127	2	102	0,048
ΔL	2,533	2	102	0,084
Δb	7,106	2	102	0,001
Δa	1,056	2	102	0,352

Tabela VII – Análise ANOVA consoante a cor de resina composta

Tipo de compósito (I)	Tipo de compósito (J)	Diferença média (I-J)	Erro Padrão	Sig.	Intervalo de confiança 99%	
					Limite mínimo	Limite máximo
A1	A2	1,00429	,68147	,341	-1,1115	3,1200
	A3	1,69457	,68147	,050	-,4212	3,8103
A2	A1	-1,00429	,68147	,341	-3,1200	1,1115
	A3	,69029	,68147	,600	-1,4255	2,8060
A3	A1	-1,69457	,68147	,050	-3,8103	,4212
	A2	-,69029	,68147	,600	-2,8060	1,4255

Tabela VIII – Tabela de valores de ΔE em função da cor de resina composta, após a análise estatística com SPSS 20.0.

Tipo de compósito (I)	Tipo de compósito (J)	Diferença média (I-J)	Erro Padrão	Sig.	Intervalo de confiança 99%	
					Limite mínimo	Limite máximo
A1	A2	1,06571	,65475	,270	-,9671	3,0985
	A3	1,41429	,65475	,102	-,6185	3,4471
A2	A1	-1,06571	,65475	,270	-3,0985	,9671
	A3	,34857	,65475	,868	-1,6842	2,3814
A3	A1	-1,41429	,65475	,102	-3,4471	,6185
	A2	-,34857	,65475	,868	-2,3814	1,6842

Tabela IX – Tabela de valores de ΔL em função da cor de resina composta, após a análise estatística com SPSS 20.0.

Cor do compósito (I)	Cor do compósito (J)	Diferença média (I-J)	Erro Padrão	Sig.	Intervalo de confiança 99%	
					Limite mínimo	Limite máximo
A1	A2	-1,30571	,60906	,106	-3,1966	,5852
	A3	-2,28857	,60906	,001	-4,1795	-,3976
A2	A1	1,30571	,60906	,106	-,5852	3,1966
	A3	-,98286	,60906	,276	-2,8738	,9081
A3	A1	2,28857	,60906	,001	,3976	4,1795
	A2	,98286	,60906	,276	-,9081	2,8738

Tabela X – Tabela de valores de Δb em função da cor de resina composta, após a análise estatística com SPSS 20.0.

Tipo de compósito (I)	Tipo de compósito (J)	Diferença média (I-J)	Erro Padrão	Sig.	Intervalo de confiança 99%	
					Limite mínimo	Limite máximo
A1	A2	,23429	,21858	,565	-,4443	,9129
	A3	,30286	,21858	,386	-,3758	,9815
A2	A1	-,23429	,21858	,565	-,9129	,4443
	A3	,06857	,21858	,952	-,6100	,7472
A3	A1	-,30286	,21858	,386	-,9815	,3758
	A2	-,06857	,21858	,952	-,7472	,6100

Tabela XI – Tabela de valores de Δa em função da cor de resina composta, após a análise estatística com SPSS 20.0.

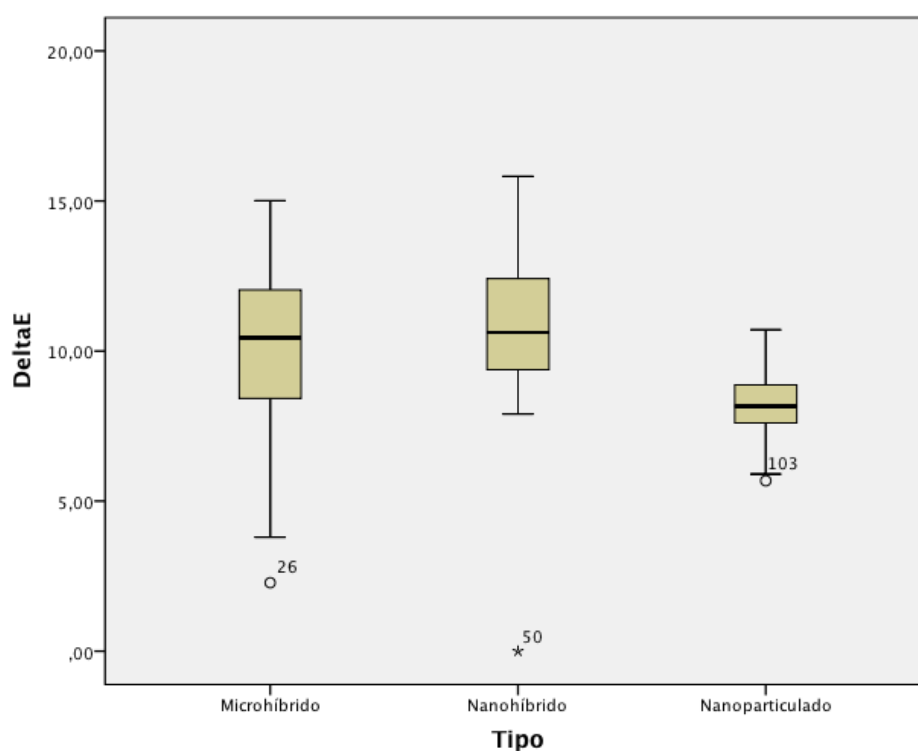


Gráfico I – Distribuição box-plot dos valores de ΔE consoante o tipo de compósito

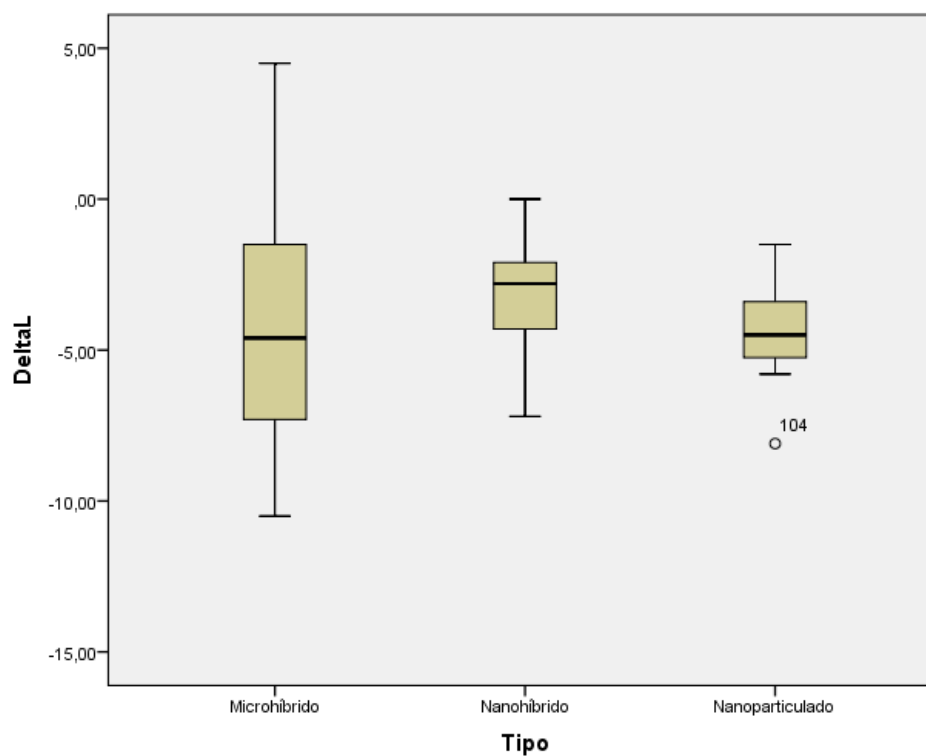


Gráfico II – Distribuição box-plot dos valores de ΔL consoante o tipo de compósito

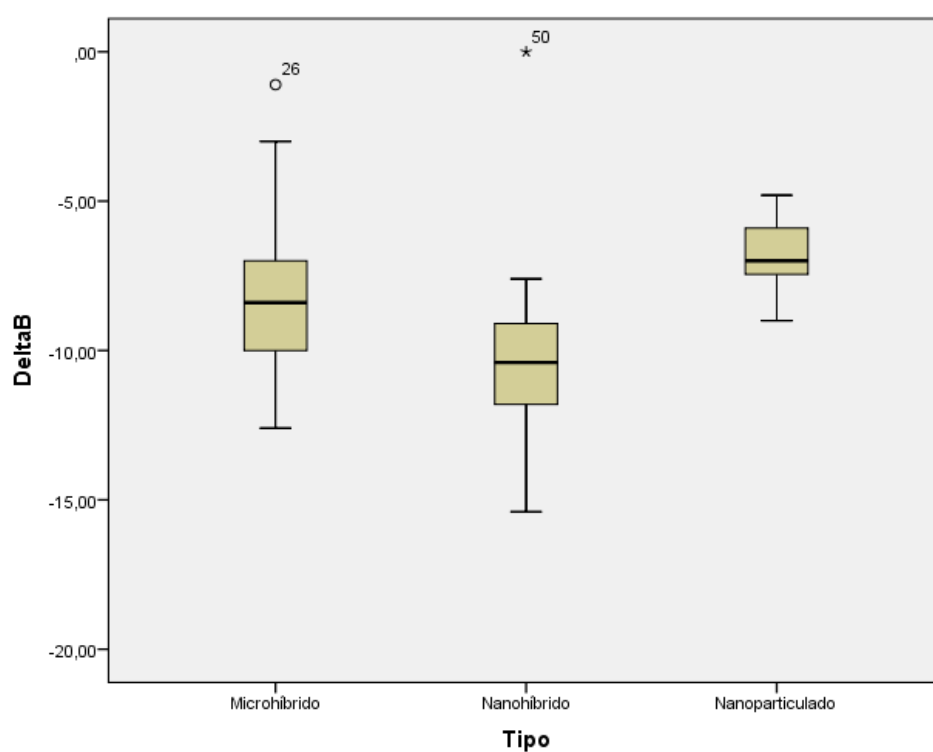


Gráfico III – Distribuição box-plot dos valores de Δb consoante o tipo de compósito

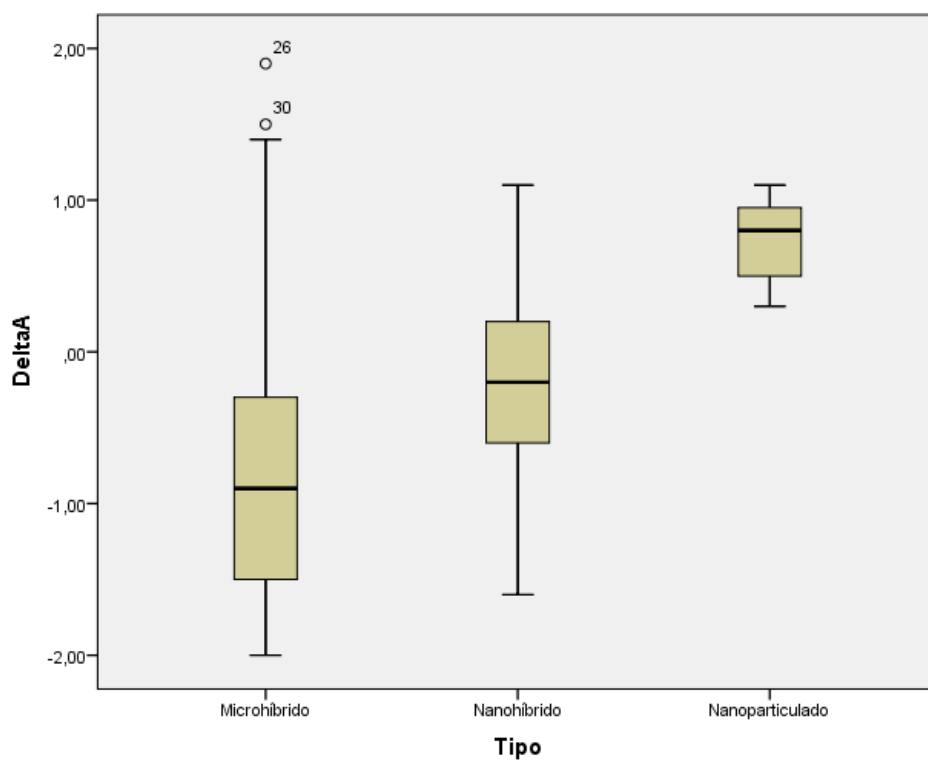


Gráfico IV – Distribuição box-plot dos valores de Δa consoante o tipo de compósito

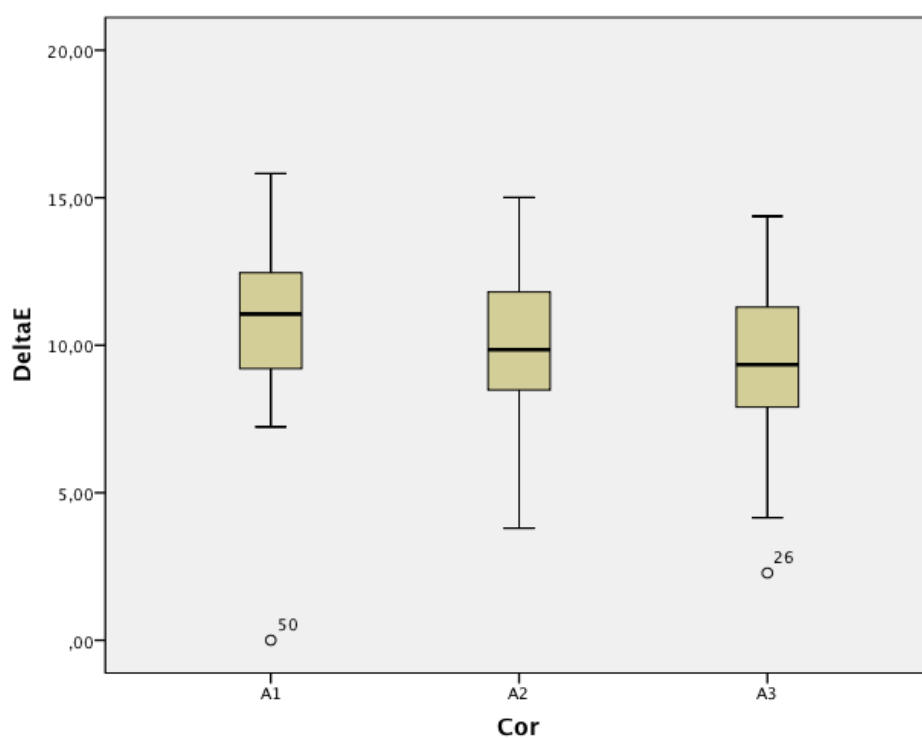


Gráfico V – Distribuição box-plot dos valores de ΔE consoante a cor de compósito

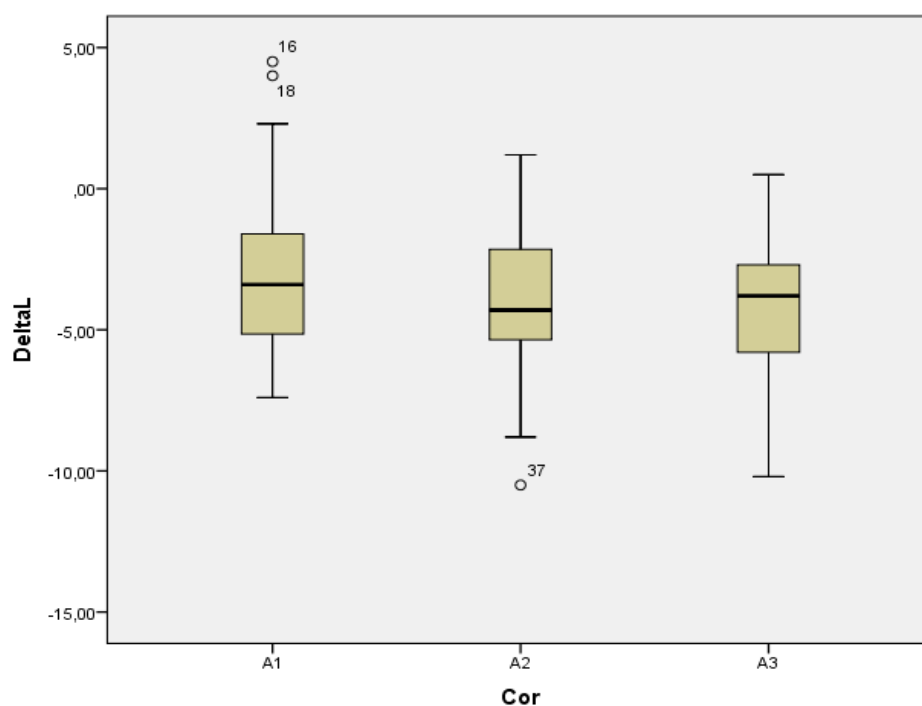


Gráfico VI – Distribuição box-plot dos valores de ΔL consoante a cor de compósito

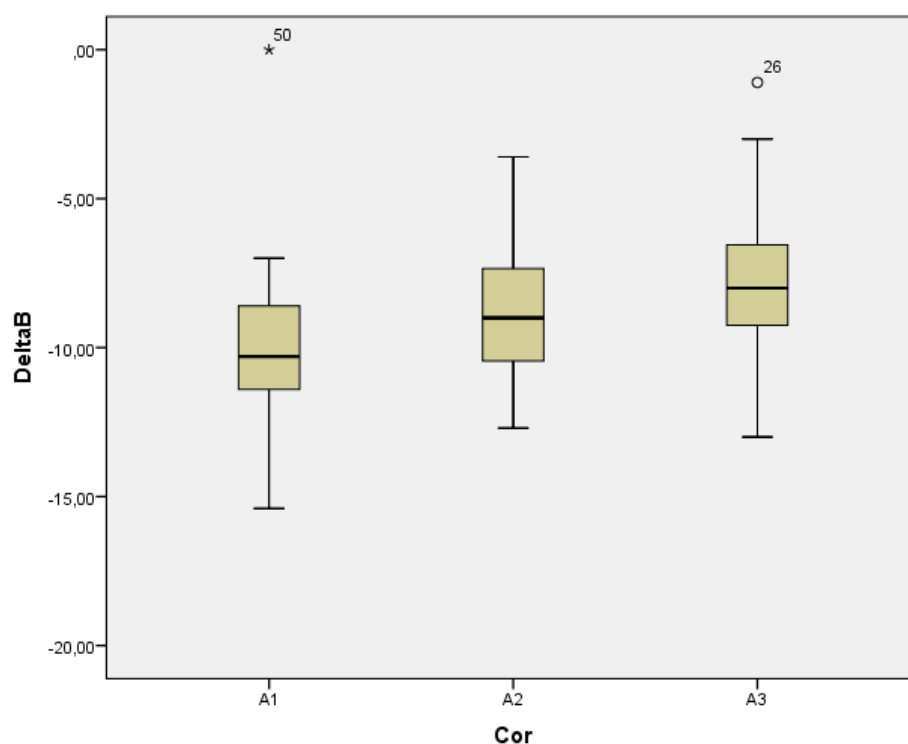


Gráfico VII – Distribuição box-plot dos valores de Δb consoante a cor de compósito

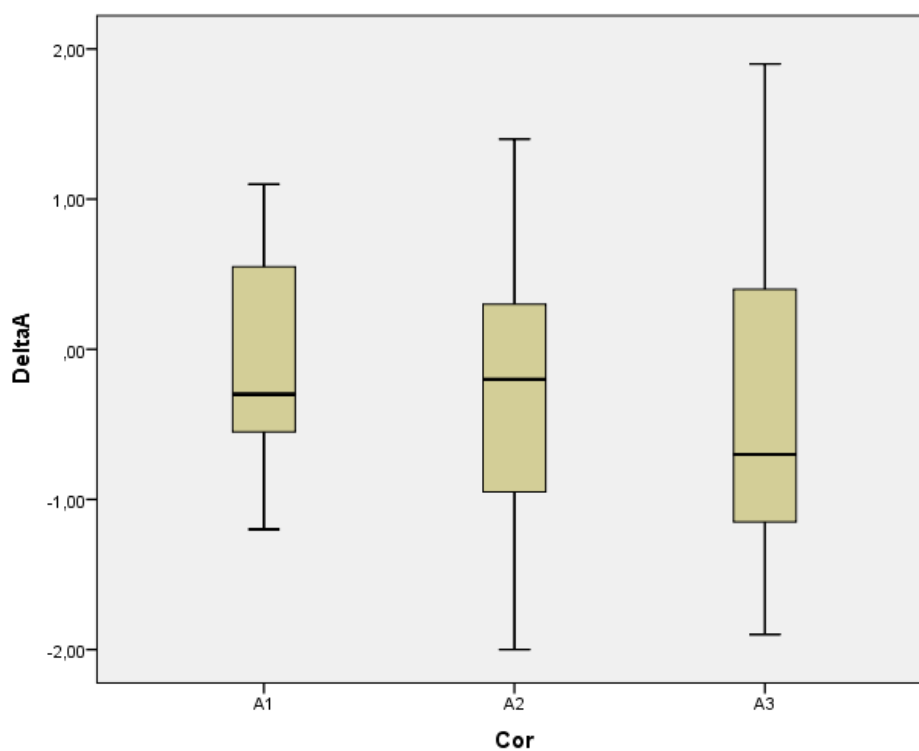


Gráfico VIII – Distribuição box-plot dos valores de Δa consoante a cor de compósito